

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA



Análisis de los rendimientos de cementos comerciales para la
elaboración de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTORA

Joisi Karina Díaz Gongora

ASESOR

Manuel Ismael Laurencio Luna

Rioja, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	JOISI KARINA
Apellidos	DIAZ GONGORA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71852792
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	MANUEL ISMAEL
Apellidos	LAURENCIO LUNA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-5992-0202

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	Rendimiento, cemento, elaboración de concreto, agregados, resistencia.
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 053-2024-UCSS-FI/TPICIV

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Los Olivos, 08 de marzo de 2024

Siendo el día martes 08 de marzo de 2024, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

Análisis de los rendimientos de cementos comerciales para la elaboración de concreto $f'c = 210$ kg/cm² en obras privadas

Presentado por la bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Filial Rioja: Nueva Cajamarca:

DIAZ GONGORA, JOISI KARINA

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

BANCES MEZA, ALCIBIADES
CARMENATES HERNANDEZ, DAYMA SADAMI

Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue a la Bachiller DIAZ GONGORA, JOISI KARINA el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,



BANCES MEZA, ALCIBIADES
Evaluador especialista 1



Dra. CARMENATES HERNÁNDEZ, DAYMA SADAMI
Evaluador especialista 2

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Los Olivos, 05 de marzo de 2024

Señor

Marco Antonio Coral Ygnacio

Presidente de la Comisión Ejecutora del Programa de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional
Facultad de Ingeniería

Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el informe de trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Análisis de los rendimientos de cementos comerciales para la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas”**, presentado por DIAZ GONGORA, JOISI KARINA con código 2013102128 y DNI: 71852792 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser evaluado y calificado por la comisión evaluadora de especialistas.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 9 %**.* Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Manuel Ismael Laurencio Luna', is centered on the page. The signature is fluid and cursive.

MANUEL ISMAEL LAURENCIO LUNA

DNI N°: 42362708

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5992-0202>

Facultad de Ingeniería - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Resumen

El presente trabajo busca determinar el cemento comercial con mayor rendimiento en la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. El estudio se basa en el análisis de dos marcas diferentes del mercado de la zona del Alto Mayo, se toma la muestra de agregados de la cantera Carranza considerada la más representativa de la zona.

Los resultados muestran las cantidades de materiales utilizados. La dosificación para el cemento Pacasmayo; 348 kg de cemento, 0.557 m^3 de arena natural, 0.692 m^3 de grava y 185 lt de agua y para el cemento Inka 357 kg, 0.550 m^3 de arena natural, 0.692 m^3 de grava y 185 lt de agua. Al adicionar el superplastificante Sikaplast 740 PE, se utilizó 1.45 lt y 1.49 lt para la dosificación del cemento Pacasmayo e Inka, respectivamente. Asimismo, los costos por metro cúbico de concreto son S/ 593.04 y S/ 605.97 respectivamente. Se observa una reducción de costos de S/ 23.92 para el cemento Pacasmayo, también se obtienen buenos resultados al calcular la resistencia a la compresión de los diseños presentados, evidenciándose que se cumple con las resistencias especificadas en 5 días.

Palabras clave: Rendimiento, cemento, elaboración de concreto, agregados, resistencia.

Abstract

The present work seeks to determine the commercial cement with the highest performance in the production of concrete $f_c=210$ kg/cm². The study is based on the analysis of two different brands on the market in the Alto Mayo area. The sample of aggregates is taken from the Carranza quarry, considered the most representative in the area.

The results show the quantities of materials used. The dosage for Pacasmayo cement; 348 kg of cement, 0.557 m³ of natural sand, 0.692 m³ of gravel and 185 liters of water and for Inka cement 357 kg, 0.550 m³ of natural sand, 0.692 m³ of gravel and 185 liters of water. When adding the superplasticizer Sikaplast 740 PE, 1.45 liters and 1.49 liters were used for the dosage of Pacasmayo and Inka cement, respectively. Likewise, the costs per cubic meter of concrete are S/ 593.04 and S/ 605.97 respectively. A cost reduction of S/ 23.92 is observed for Pacasmayo cement. Good results are also obtained when calculating the compressive strength of the designs presented, showing that the specified resistances are met in 5 days.

Keywords: Performance, cement, concrete production, aggregates, resistance.

Índice

Resumen	2
Abstract.....	3
Índice	4
Índice de Figuras.....	7
Índice de Tablas.....	9
Trayectoria del autor.....	12
Descripción de la Empresa	12
Organigrama de la Empresa	13
Áreas y Funciones Desempeñadas	18
Experiencia Profesional Realizada en la Organización.....	19
Problemática	20
Planteamiento del Problema	20
Definición del Problema.....	22
Problema Principal	23
Problema Secundario.....	23
Objetivos	23
<i>Objetivo Principal</i>	23
<i>Objetivos Específicos</i>	24
Justificación.....	24
Alcance y Limitaciones	25
Marco Teórico	27
Antecedentes	27

<i>Antecedentes Internacionales</i>	27
<i>Antecedentes Nacionales</i>	29
Bases Teóricas.....	31
Métodos de Diseño de Mezcla	44
Tecnologías Asociadas	44
Aspectos Legales.....	45
Definición de Términos Básicos	48
Propuesta de Solución.....	50
Metodología de la Solución.....	50
<i>Etapa I: Selección y Obtención de los Materiales</i>	50
<i>Etapa II: Evaluación de las Características y Propiedades de los Agregados</i> ..	50
<i>Etapa III: Elaboración del Diseño de Mezcla</i>	52
<i>Etapa IV: Obtención de las Propiedades de Concreto</i>	53
<i>Etapa V: Comparación del Costo por Metro Cúbico del Concreto</i>	54
Desarrollo de la Solución	54
<i>Determinación de las Propiedades Físicas de los Agregados</i>	54
<i>Diseño de Mezcla del Concreto</i>	59
Factibilidad Técnica – Operativa.....	62
<i>Factibilidad Operativa</i>	62
Inversión	63
Análisis de Resultados.....	64
Análisis del Costo – Beneficio	64
Beneficios de la Implementación	66
Aportes más Destacables a la Institución	67

Conclusiones.....	68
Recomendaciones	69
Referencias	70
Anexos	77

Índice de Figuras

Figura 1 Organigrama del Grupo Pacasmayo	14
Figura 2 Organigrama Gerencial del Grupo Pacasmayo	17
Figura 3 Curva granulométrica del material fino	55
Figura 4 Curva granulométrica del material grueso	57
Figura 5 Precios para 1m ³ de mezcla en estado seco según tipo de cemento.....	62
Figura 6 Comparación de Costos entre el cemento Pacasmayo e Inka	65
Figura 7 Elaboración de las briquetas o especímenes del concreto (Mezclado de Agregados y Cemento Tipo Ico) Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	77
Figura 8 Elaboración del Asentamiento Slump mediante el Cono de Abrahams con Cemento Pacasmayo.....	78
Figura 9 Elaboración del Ensayo del Asentamiento Slump mediante el Cono de Abrahams con Cemento Inka.....	78
Figura 5 Rotura de Probetas de Concreto.....	79
Figura 11 Diseño de Mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - Cemento Portland Tipo Ico – Pacasmayo	80
Figura 12 Diseño de mezcla de concreto - $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ - Cemento Pacasmayo Tipo Ico con Aditivo Sikaplast.	81
Figura 13 Diseño de mezcla de concreto - $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ - Cemento Pacasmayo Tipo Ico con Aditivo Sikaplast.	82
Figura 14 Diseño de mezcla de concreto - $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ - Cemento Inka Tipo Ico.	83
Figura 15 Análisis Granulométrico por Tamizado	84
Figura 16 Cantidad de Material Fino que Pasa el tamiz (N°200).....	85

Figura 17	Peso Unitario de los Agregados Finos	86
Figura 18	Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino	87
Figura 19	Equivalente de Arena	88
Figura 20	Análisis Granulométrico por Tamizado	89
Figura 21	Peso Unitario del Agregado Grueso.....	90
Figura 22	Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso.....	91
Figura 23	Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles)	92

Índice de Tablas

Tabla 1. Granulometría del agregado fino.....	55
Tabla 2. Granulometría del agregado grueso.....	56
Tabla 3. Peso unitario del agregado fino	57
Tabla 4. Peso específico y % de absorción del agregado fino.....	58
Tabla 5. Peso específico y % de absorción del agregado grueso	58
Tabla 6. Ensayo de abrasión del agregado grueso.....	58
Tabla 7. Dosificaciones del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	59
Tabla 8. Dosificaciones del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	60
Tabla 9. Precios para 1m^3 de mezcla en estado seco según tipo de cemento	61
Tabla 10. Cuadro de inversión.....	63
Tabla 11. Precios para 1m^3 de mezcla en estado seco con cemento Pacasmayo.....	64
Tabla 12. Precios para 1m^3 de mezcla en estado seco con cemento Inka.....	65

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo determinar que cemento comercial tiene mejor rendimiento para la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas. Se propone identificar y examinar la resistencia del concreto al utilizar los cementos comerciales locales, permitiendo de esta manera esclarecer las cantidades de bolsas de cemento necesarias para la elaboración de concreto con una resistencia de diseño adecuada dentro del mercado de la Región San Martín, se busca tomar decisiones informadas que a largo plazo no comprometan la durabilidad de la obra.

Además, en el ámbito de la construcción, las características del concreto adquieren gran relevancia, dado que durante la colocación del mismo se evidencia su comportamiento, siendo esencial tener en cuenta que este comportamiento puede diferir conforme al cemento utilizado según su tipo. En este sentido, las características del concreto presentan variaciones que deben ser identificadas,

La necesidad de conocer que cemento ofrece un mejor rendimiento en la elaboración del concreto surge como respuesta a la problemática que afecta económicamente al sector de la construcción. En el mercado hay una gran variedad de marcas de cemento, unas más comerciales y con mayor demanda que otras, evidenciando que el rendimiento de las bolsas por cada tipo influye en los costos de construcción. En este sentido es importante el estudio de las características de los medios que componen al concreto, a fin de ayudar a la toma de decisiones para garantizar la vida útil de la obra. Por otra parte, se sabe que la zona Alto Mayo sufrió en los últimos años una baja demanda de cemento debido a los factores de inversión provenientes de obras privadas y públicas.

Adicional a lo mencionado es vital para el sector disponer de información específica sobre los cementos utilizados en la construcción, ya que este constituye el componente más significativo sobre mezclas de concreto, por ello es necesario comprender cómo la resistencia logra tener variaciones en función de la modificación de sus elementos, esencialmente sobre lo que respecta al tipo de cemento empleado en la producción.

Este trabajo evalúa el rendimiento de las dos marcas de cemento más utilizados y comerciales de la región, al examinar la resistencia del concreto, se define la cantidad de bolsas de cemento necesarias para elaborar concreto con una resistencia a la compresión $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ haciendo uso de los Cementos Pacasmayo e Inka Tipo Ico, posibilitando determinar el costo asociado a su producción. Es importante destacar que no se han encontrado investigaciones previas que aborden la relación entre el análisis de marcas de cemento y el rendimiento de las bolsas de cemento para una resistencia específica del concreto, lo cual puede resultar en la reducción de costos de producción.

El desarrollo del trabajo permitió ampliar conocimientos y ofrecer orientación constructiva a los maestros y supervisores de obras respecto al análisis costo-beneficio de la producción de concreto, ayudando a comprender la relevancia de aplicar estos conocimientos en la ejecución de proyectos|.

Trayectoria del autor

Descripción de la Empresa

El grupo Pacasmayo es un grupo de empresas cementeras líderes en el Perú comprometidos con el rubro constructivo en cuanto a materiales constructivos en la zona norte y noreste del Perú, calificados en la elaboración, reparto y comercio de cemento y sus procedentes. Sus orígenes se remontan al Ingeniero Mauricio Hochschild, quien desembarcó en Chile en 1911, dando inicio a la creación de un conglomerado de empresas comerciales en la región sudamericana, que más tarde se conocería como el Grupo Hochschild. En 1926, este grupo tenía dos operaciones en Perú, en Lima y Arequipa. En el año 1949, se fundó la empresa Cemento Nacional Portland del Norte S.A., que acabaría convirtiéndose en Cemento Pacasmayo SAA. El 27 de noviembre de 1957, la empresa inició la producción con el nombre comercial de Compañía de Cementos Pacasmayo.

La empresa actualmente cuenta con tres plantas de producción; una planta procesadora ubicada en Piura, otra en Pacasmayo y la tercera en Rioja; sumándose una cabida total productora de cemento equivalente a 4.9 millones de TM/año, tornándose como la segunda cementera más grande del Perú. La Planta de Pacasmayo, edificada con tecnología alemana y con una inversión inicial de 5.000.000 USD, se abastece de su cantera en Cajamarca denominada Tembladera. Esta fábrica liberteña logra ser una de las plantas industriales históricas y primordiales del norte del país. La filial, Cementos Selva S.A., es propietaria de la Fábrica de Cemento Rioja desde 1998, cuando fue licitada en base al Gobierno Regional de San Martín. Por último, la Planta de Cemento Piura está considerada

la fábrica más moderna y ecológica de América Latina. La tecnología utilizada alcanza alrededor de 0% de emisiones de polvo y la recirculación de agua en un 100%.

Visión: Convertirse en una empresa líder en resolver soluciones prácticas de construcción y anticipar a las exigencias de nuestros clientes contribuyendo con el desarrollo de nuestro país.

Misión: Engendrar valor a cada inversionista, mediante la crecida sustentable, a fines de beneficencia a las comunidades, colaboradores, clientes y el país.

Organigrama de la Empresa

El Grupo Pacasmayo está integrado por seis empresas que trabajan de manera complementaria, generando sinergias y garantizando una cobertura completa en la zona norte del Perú. Estas empresas actúan bajo un modelo de consolidación vertical, abarcando desde el punto adquisitivo de materia prima terminando al punto de comercializar dicho producto final. Cemento Pacasmayo S.A.A. y sus subsidiarias conforman el grupo, como se detalla en la Figura 1, y cuentan con un directorio comercial, exhibido por medio de la Figura 2.

Figura 1

Organigrama del Grupo Pacasmayo



Nota. Obtenida de Cemento Pacasmayo (2020)

Donde:

Distribuidora Norte Pacasmayo: Ofrece gran parte de sus productos Pacasmayo mediante una extensa red de socios distribuidores que operan sobre las regiones del norte del Perú.

Cementos Selva: Especializa en producir concreto, cemento, premezclado y otros medios relacionados.

Dinoselva Iquitos SAC: Comercialización de los productos de Cementos Selva mediante una extensa red de distribución conformada por aliados en las zonas del nororiente de Perú.

Acuícola Los Paiches SAC: Desarrolla la crianza, cultivo y comercialización de una especie emblemática de la selva amazónica, el paiche.

Calizas del Norte SAC: Explotación de una de las canteras denominada piedra caliza denominada Acumulación Tembladera.

Salmueras Sudamericana: En asociación con la empresa peruana Quimpac, efectúa la exploración en las concesiones propias a razón de identificar depósitos de salmueras respecto al desierto de Mórrope. La entidad ha optado enfocar su punto inversior sobre productos que se relacionen con la fabricación y venta de cemento, así como planteamientos constructivos, y, a su vez, ha optado por no continuar con el proyecto Salmueras a partir del último trimestre del año, resultando en la depreciación de la inversión relacionada a diciembre de 2017.

E.T Guadalupe EIRL: Proporciona el suministro eléctrico para las operaciones en Pacasmayo. Por otro lado, en la Figura 2 se muestra el organigrama Gerencial del Grupo Pacasmayo, siendo las principales funciones descritas a continuación:

Gerente General: Su función es desarrollar la visión y estrategias generalizadas sobre la empresa en coordinación con la junta directiva. Asimismo, tomar decisiones clave para el éxito en general de la organización.

Vicepresidente de administración y finanzas: Su función es supervisar las operaciones de medio contable y financiero de la empresa, de igual forma, desarrollar y supervisar la planificación financiera a largo plazo.

Vicepresidente Legal: Su función es proporcionar asesoramiento legal a la alta dirección y a otros departamentos, así como, garantizar que la empresa tienda a dar cumplimiento con las leyes y exigencias que logren aplicarse.

Vicepresidente Central Comercial: Su función es identificar oportunidades a razón de desarrollar y crecer sobre el sector del cemento. Asimismo, supervisar las operaciones diarias y la producción de cemento, así como, gestionar relaciones clave con clientes y socios estratégicos.

Gerente Central de Excelencia Corporativa: Su función es identificar oportunidades a razón de alcanzar mejoras sobre el punto eficiente operativo y la calidad de la mano con desarrollar programas de desarrollo y retención del talento.

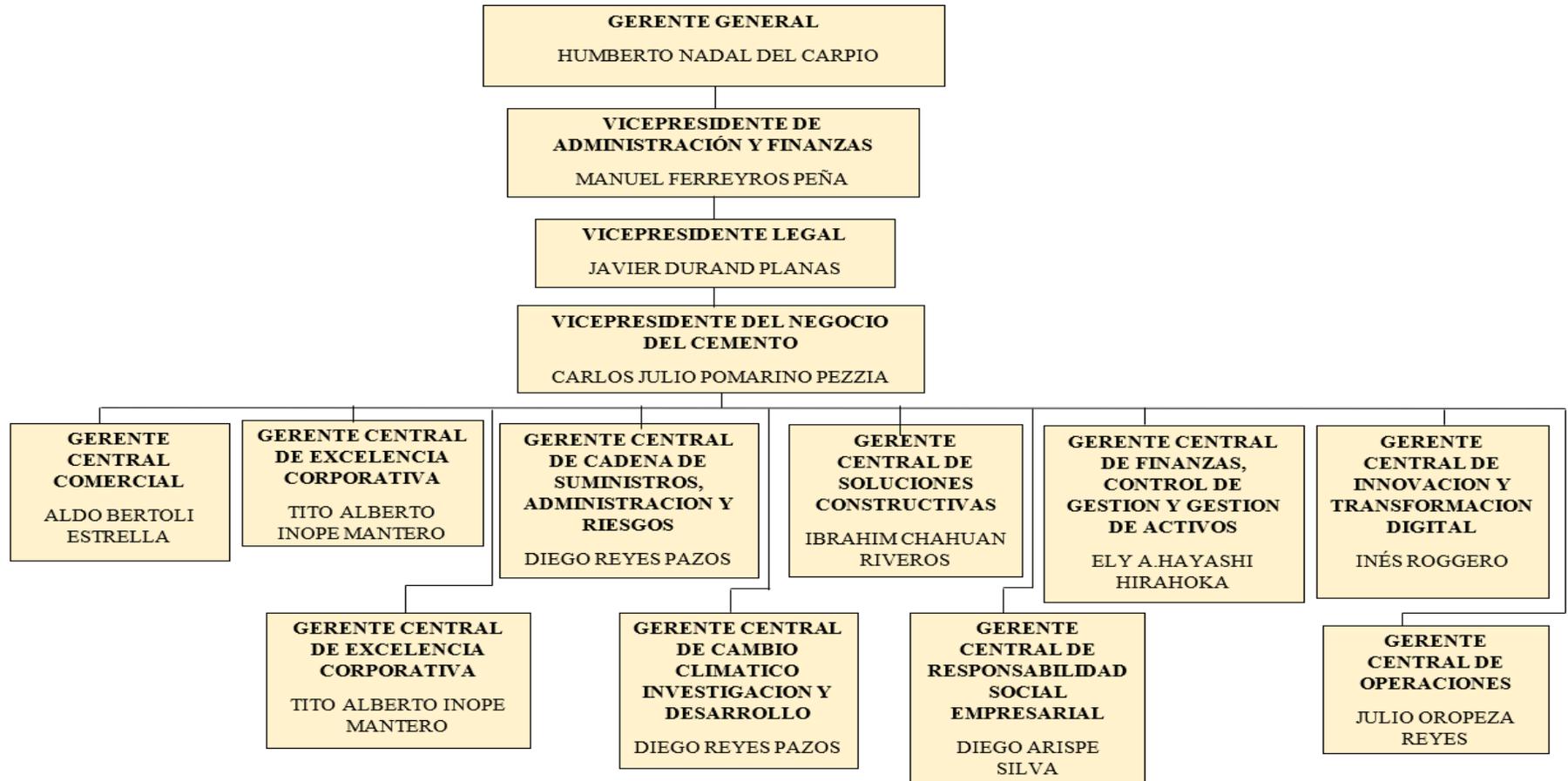
Gerente Central de Cadena de Suministros, Administración y Riesgos: Su función es supervisar la cadena de suministro empezando por la adquisición y llegando a la entrega; identificar y gestionar riesgos operativos y financieros, además de alcanzar mejoras sobre la eficiencia en el punto de gestión sobre la cadena de suministro.

Gerente Central de Cambio Climático: Su función es desarrollar e implementar estrategias a razón de abordar el cambio climático y alcance de mejoras sobre la sostenibilidad. Asimismo, garantizar que la empresa cumpla con las regulaciones ambientales e impulsar la innovación en prácticas empresariales sostenibles.

Investigación y Desarrollo: Su función es liderar investigaciones para identificar nuevas oportunidades y tendencias en la industria. Supervisar el desarrollo de nuevos productos y tecnologías. Colaborar con equipos internos y externos para promover la innovación.

Figura 2

Organigrama Gerencial del Grupo Pacasmayo



Nota. Elaboración Propia

Áreas y Funciones Desempeñadas

Se ha desempeñado labores profesionales desde octubre del 2022, en el área comercial de la empresa Dinonselva Iquitos SAC, cuyas funciones principales fueron las siguientes:

- Gestionar el manejo de estándares de calidad de las soluciones constructivas que brinda el grupo Pacasmayo en obras públicas y privadas.
- Gestionar los requerimientos de diseños de mezclas de concreto premezclado con sus especificaciones técnicas que el contratista requiere para ejecutar obras públicas y/o privadas.
- Supervisar los estándares de calidad del cemento y manejo de certificados para ser emitidos a contratistas.
- Controlar los procesos de producción de concreto, recepción y almacenaje de materias primas, despacho.
- Elaborar informes de volúmenes de cemento adquiridos por obras públicas y/o privadas.
- Contribuir con el cumplimiento de los objetivos comerciales de su zonal.
- Brindar asesoramiento técnico de soluciones constructivas que contribuyan a la elaboración de expedientes técnicos.
- Realizar el seguimiento en SEACE de procesos de licitación y coordinar con las empresas ganadoras para asesorarlos técnicamente.
- Brindar charlas técnicas a entidades dedicadas a la ejecución de módulos de techo propio.

Experiencia Profesional Realizada en la Organización

La experiencia profesional desarrollada en la empresa fue de Asesor Técnico Comercial en el Área Comercial y Soluciones Constructivas en diferentes proyectos de obras públicas y privadas. Dentro de las cuales he desarrollado actividades que se enfocan en la elaboración del concreto premezclado y la calidad del cemento en obras de autoconstrucción de la zona del Alto Mayo; desempeñando funciones de apoyo en el control de calidad, trabajo de campo como la de supervisar la correcta aplicación de las medidas de seguridad en el trabajo por parte de nuestras máquinas y equipos tales como: mixers, bomba telescópica, etc. Además, la gestión y elaboración de requerimientos de diseños de mezclas por parte de clientes potenciales en las obras privadas; realizar la toma de muestras en los cilindros o probetas una vez despachado el concreto en obra para cumplir y asegurar con la calidad especificada. Así mismo verificar la calidad de los agregados y el procesamiento de los resultados de laboratorio.

También he desarrollado visitas en campo a obras privadas con el fin de asegurar la calidad del cemento que la empresa distribuye en el mercado del Alto Mayo y asesorar técnicamente a las constructoras sobre el tipo de cemento y su aplicación en las mismas. Realizar informes y emitir certificados de calidad; capacitar al personal sobre del área de operaciones sobre los riesgos y accidentes de trabajo, así como elaborar diariamente ATS al inicio del trabajo, por su parte realizar trabajos de gabinete y análisis en el laboratorio de calidad.

Problemática

Planteamiento del Problema

En el mundo, China mantiene su posición como el principal demandante de cemento, alcanzando 2,395 millones de toneladas en 2016, lo que representa alrededor del 58% de la cuota mundial, este medio participativo llegó a alcanzar su punto máximo durante el 2014 con un 59.4%, no obstante, haciendo exclusión a China, el consumo global de cemento abordó los 1,734 millones de toneladas en 2016, experimentando un crecimiento del 1.0% respecto a 2015 (Aristizábal & González, 2021).

A nivel nacional, el sector de la construcción en Perú continúa mostrando cifras negativas, registrando un retroceso del 8,4% al finalizar junio y una caída acumulada del 9,8% en el primer semestre del 2023, puesto que el resultado del sexto mes del año experimentó los efectos adversos de una disminución equivalente a 12,7% sobre el consumo de cemento y la crecida del 3,9% sobre las obras públicas, luego de experimentar una caída del 8,9% en mayo (CAPECO, 2020). Pese a ello, la industria constructiva en el Perú sufrió reducción del 9.0% sobre los primeros ocho meses del presente año, en base a las proyecciones de CAPECO, se sostiene la expectativa del sector en cuanto a una reducción del 10.4% en septiembre, indicando nueve meses continuos de bajo rendimiento (Valdivia, 2023). De igual manera, es importante señalar que el sector constructor dio inicio al año por medio de significativas contracciones relacionadas con la suspensión de proyectos privados y sobre la autoconstrucción, debido al aumento de la violencia por protestas, así como al ser bloqueadas las carreteras que provocaron ser cancelados los pedidos a las empresas cementeras; en este contexto, el sector experimentó una

disminución del 11.7% y 10.2% en enero y febrero de 2023, respectivamente, agravándose en marzo con una caída del 12.4%, influenciada por condiciones climáticas adversas (Rodríguez, 2023). De esta manera, la ejecución de proyectos se vio limitada a la continuación de obras iniciadas en meses anteriores, posponiendo el inicio de nuevos proyectos; no obstante, la magnitud de la caída se redujo en abril, con una disminución del 5.1%, marcando el "mejor" resultado en lo que va del año (INEI, 2019). Del mismo modo, se calcula que la distribución nacional de cemento alcanzó las 1,063 mil toneladas métricas (TM), reflejando una reducción del 12% en comparación con septiembre de 2022. Este reporte engloba tanto los despachos realizados por las empresas afiliadas a ASOCEM como los de aquellas no afiliadas a la asociación (ASOCEM, 2019).

En este contexto se debe mencionar que el concreto representa el componente constructivo predominante, siendo empleado por numerosos profesionales en la industria. A pesar de la notable relevancia de este material, en ocasiones, los procesos relacionados con su elaboración, colocación o curado no cumplen con los estándares necesarios, impactando directamente en el rendimiento y calidad del concreto, lo que conlleva a gastos adicionales en las obras de construcción (Orozco et al., 2018).

Por lo mencionado es importancia evaluar el desempeño de las distintas marcas de cemento comercial en la producción de concreto para obras en la región del Alto Mayo, con el objetivo de generar resultados que actúen como referencia específica para diferentes obras de construcción, asegurando que los rendimientos obtenidos sean más realistas y ajustados a las condiciones locales, ya que el concreto tiende a ser actualmente uno de los materiales de mayor empleabilidad sobre la construcción a causa de su manejo sencillo y

costos relativamente bajos en comparación con otros materiales de construcción, esta evaluación específica contribuirá al alcance de mejoras sobre la eficiencia y calidad en proyectos de la zona.

Es necesario indagar sobre nuevas marcas de cemento, además de evaluar su rendimiento al combinarlas por medio de los agregados de los cuales provienen por canteras de la zona en estudio y al elaborar el concreto, siendo crucial contar con datos experimentales sobre los cementos que logran ingresar a la zona del Alto Mayo para asegurar la realización de obras duraderas y seguras. El análisis que sigue se centrará en las dos marcas de cemento más utilizadas y comerciales en la zona, tales como: Cementos Pacasmayo e Inka Tipo Ico, puesto que, al examinar la resistencia del concreto, se buscará esclarecer las incógnitas relacionadas con la cantidad de cemento en bolsas necesarias para lograr una resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Definición del Problema

En la actualidad, en el Perú, se encuentran disponibles diversas marcas de cemento, lo que brinda a los consumidores una variedad de opciones en cuanto a precios en el mercado, esto posibilita la minimización y estimación de costos para la ejecución de obras, de índole público y privado, específicamente en la elaboración del concreto es necesario determinar la resistencia, por ello es crucial evaluar el rendimiento de los cementos comerciales al elaborar el concreto, al ser combinadas con agregados de las canteras de la zona, esto garantizará la realización de obras duraderas y seguras, así como la obtención de información experimental sobre los cementos que ingresan a la zona del Alto Mayo

permitiendo estimar costos, evaluar directamente el comportamiento y la calidad del concreto.

Esta investigación es importante, ya que hasta el momento no se han presentado estudios que demuestran que el análisis de las marcas de cemento puede determinar el rendimiento de bolsas de cemento para una resistencia específica del concreto, ya que este enfoque permitirá reducir los costos de producción de manera significativa.

Problema Principal

¿Cuál es el cemento comercial que posee el mejor rendimiento para la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas?

Problema Secundario

¿Cuáles son las propiedades físicas de los agregados a usar para la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas?

¿Cuál es el diseño de mezcla de concreto para obras privadas con resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cementos comerciales, rigiéndose bajo las normativas técnicas peruanas?

¿Cuál es el costo por metro cúbico de elaborar concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cementos comerciales de la zona del Alto Mayo?

Objetivos

Objetivo Principal

Determinar el cemento comercial con el mejor rendimiento para la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas.

Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas de los agregados para la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas.
- Realizar el diseño de mezcla de concreto para obras privadas con resistencia de 210 kg/m^2 , utilizando cementos comerciales, rigiéndose bajo las normativas técnicas peruanas.
- Comparar los costos por metro cúbico de la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cementos comerciales de la zona del Alto Mayo.

Justificación

El estudio de investigación se sustenta desde una perspectiva técnica, dado que en el ámbito de la construcción se persigue la obtención de un concreto con mayor resistencia. Por lo tanto, es esencial investigar qué material contribuirá de manera más efectiva a alcanzar esta resistencia, particularmente determinando qué tipo de cemento sería más eficaz a razón de dar cumplimiento a las exigencias sobre la resistencia $F'c$, así como evaluar el rendimiento de cemento comercial como Cementos Pacasmayo e Inka Tipo Ico en relación a la zona de estudio.

Simultáneamente, este estudio tiene justificaciones prácticas al ofrecer la posibilidad de abordar y resolver interrogantes relacionadas con el cemento, lo que, a su vez, posibilita mejorar la calidad del concreto, contribuyendo a la construcción de edificaciones más robustas y seguras.

Desde una perspectiva metodológica, la investigación se justifica en la manera en que se lleva a cabo, permitiendo la aplicación de diversos procedimientos y metodologías

aprendidos. Esto no solo beneficia el presente estudio, sino que también puede servir como una guía para futuros estudios que se vinculen al tema en cuestión, pues se evaluó los costos directos e indirectos que generan la utilización de cementos comerciales.

Por otro lado, la investigación tuvo relevancia social, ya que al conocer qué tipo de aglomerante presenta un rendimiento superior, se brinda un beneficio significativo a la sociedad al ejecutar proyectos de ingeniería civil, asegurando construcciones más sólidas y seguras. Asimismo, fue beneficioso para las empresas dedicadas a la construcción en la zona del Alto Mayo, dado que el cemento tiende a ser el punto vital sobre la creación de concreto y, por consiguiente, se erige como un componente esencial en la edificación de estructuras, esta investigación ha posibilitado la identificación de la marca de cemento más eficaz y que cumple con las especificaciones técnicas peruanas.

Por último, esta investigación permitirá al Grupo Pacasmayo tener una comparativa sólida con respecto a la competencia para que, a partir, de estos resultados pueda buscar vías de mejora para la elaboración de sus productos.

Alcance y Limitaciones

La investigación se efectuó sobre la región del Alto Mayo durante un período de dos meses, utilizando para la mezcla de concreto los cementos comerciales Pacasmayo Extraforte Tipo Ico e Inka Ultrarresistente Tipo Ico, con calidad equivalente a las especificaciones ASTM C-150. Tanto el agregado grueso (grava triturada 1") como el agregado fino (arena natural zarandeada) se obtuvieron por medio de la cantera Carranza ubicada en el CC. PP Naciente Rio Negro. Asimismo, se requirió que el agua utilizada para la mezcla de concreto esté exenta de impurezas dañinas y debidamente limpia, como

materia orgánica, ácidos, álcalis y aceites. Además, como aditivo, se propone la utilización del superplastificante y reductor de agua de alto rango formulado para mantener la consistencia plástica durante un período estimado de 60 a 90 minutos posterior a la dosificación, de acuerdo a los asentamientos iniciales y la dosis empleada. Este enfoque se siguió para el alcance de un concreto con resistencia $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Por otro lado, se empleó el método de diseño ACI sobre la formulación de las mezclas, y los materiales fueron analizados en el laboratorio LM Ceconse.

Las limitaciones de esta investigación abarcan la obligatoriedad de realizar la formulación de la mezcla en un laboratorio externo. Esta circunstancia se debe a la exploración por parte de Cementos Pacasmayo de diferentes tipos de cemento de diversas marcas locales para obtener resultados, lo cual ha prolongado el tiempo necesario para alcanzar conclusiones.

Marco Teórico

Antecedentes

Antecedentes Internacionales.

Muciño et al., (2022), abordaron su investigación titulada: Influencia de la arena en la resistencia mecánica del mortero empleando diferentes marcas de cemento, plantearon como principal objetivo decidir si las diversas marcas de cemento con igual categorización poseen mismo comportamiento mecánico dentro de los 28 días. La muestra estuvo constituida por 25 muestras en cuanto pasta de cemento y 75 muestras de mortero. El diseño utilizado fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron cinco marcas evaluadas de cemento Portland tipo II, como también 3 arenas de diferentes proveniencias. Los resultados obtenidos fueron variados puesto que denotan la existencia de variaciones en cuanto resistencias de diferentes marcas de cemento, las cuales presentaron cifras inferiores a los 30 Mpa. Concluyeron que la mejor utilización de los morteros comienza con el estudio de sus agregados, al ser un punto clave sobre la mejora del rendimiento de los morteros, conociendo en base a qué fuerzas debe trabajar el sistema de su estructura o qué seguridad es preferible alcanzar a razón de saber qué diseño de mezcla se utilizará y que cuando logran ser manejados bien los pesos y granulometría del árido fino, se puede elevar la resistencia e incluso llegar a modificar de los morteros su vida útil.

Leal y Echeverry (2020) en su investigación titulada: Fluidéz y resistencia a compresión de seis marcas de cemento de uso general, abordaron como objetivo general evaluar la pasta en cuanto su fluidéz , relación agua-cemento y cuán resistente es a la compresión empleando cemento de uso general en 6 distintas marcas comercializadas sobre

la región del Alto Magdalena; y así plantear la relación existente entre esos mismos a razón de comparar su resistencia junto a su eficiencia al momento de crear concretos para pavimentación. La muestra estuvo constituida por seis marcas distintas de cementos hidráulicos fomentando un total 54 probetas. El diseño empleado fue mixto, pues se complementó lo experimental con el estado de arte (información publicada por otros investigadores). Los instrumentos que se usaron fueron las Fichas técnicas de proveedores, Equipo de Compresión de muestras de concreto, Balanza de precisión 0.1 gr, Molde para cubos en bronce, Mesa de flujo, Mesa de flujo y molde y Calibrador. Los resultados arrojaron que, de las seis marcas trabajadas, solo la marca 02,06 y 01 se ajustan a los parámetros establecidos para elaborar concretos para pavimentos. Concluyeron que tiene que ser considerada las propiedades de absorción de la pasta, relación agua-cemento, fluidez y resistencia a compresión a la hora de elaborar concretos para pavimentos.

Abad y Remache (2023) realizaron su investigación titulada: Análisis comparativo del comportamiento de mezclas de concreto permeable fabricado con diferentes tipos de cementos, cuyo objetivo principal fue analizar el impacto sobre la densidad y la clase de cemento usado para el diseño, su resistencia y filtrado del concreto poroso, a través de utilizar cementos tipo: HS (High sulfate resistance), HE (High Early Strength) y GU (General Use). La muestra estuvo compuesta por modelos de forma cilíndrica dentro de las edades de 3, 7, 14, 21, 28 y 45 días. El diseño que se empleó fue experimental puro. Los instrumentos empleados llegaron a ser la guía de observación y ficha de análisis documental. Los resultados obtenidos sobre las pruebas luego de 28 días expresan que se obtienen resistencias altas empleando cemento HE, cuya capacidad a compresión es igual a 20,030 MPa, resistencia a tracción indirecta igual a 2,610 MPa. Por otro lado, la mezcla que

contenía cemento GU alcanzó gran permeabilidad semejante a 1,690 cm/s. Concluye que el HS registró baja resistencia comparándolos a la dosificación que empleaba cemento HE y permeabilidad inferior al concreto que empleaba cemento GU, ocupando un lugar intermedio en el análisis.

Antecedentes Nacionales.

Gallegos (2022) en su investigación titulada: Efecto de las marcas comerciales del cemento portland tipo I en la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo, planteó como objetivo evaluar el contraste sobre las diferentes marcas de cemento comerciales en la resistencia del concreto. Plantea un enfoque científico para llevar a cabo el estudio, caracterizado por su naturaleza aplicada, nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. Para ello, utilizó las marcas de cemento que pertenecen a la localidad en estudio, siendo los siguientes cementos evaluados: Andino, Inka, Quisqueya, Wp y Nacional. Los resultados muestran que se determinó una relación a/c equivalente a 0.558 para el diseño de mezcla en las diversas marcas de cemento. Asimismo, sobre la prueba de resistencia a la compresión, todas las marcas satisfacen la resistencia de diseño equivalente a 210 kg/cm^2 . No obstante, el cemento Quisqueya muestra el rendimiento más elevado con 261.10 kg/cm^2 , seguido por el cemento Nacional con 257.63 kg/cm^2 , superando la resistencia requerida en un 24.33% y 22.68%, respectivamente. En contraste, el cemento WP registra una resistencia inferior, alcanzando los 222.57 kg/cm^2 . Por otro lado, mediante el ensayo de finura del cemento el Cemento Quisqueya llegó a mostrar el porcentaje de finura de mayor elevación, mientras que el Cemento WP el porcentaje de menor elevación, mostrando una relación directa sobre el impacto en la resistencia. Concluyó que, se logra una mayor resistencia utilizando el

cemento Quisqueya, el cual se destaca por ser una de las opciones más económicas en la zona de estudio.

Peña y Solis (2019) por medio de la investigación titulada: Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto F'C: 210 kg/cm², utilizando cementos Pacasmayo, Mochica e Inka en la ciudad de Piura, plantearon como objetivo realizar una comparación sobre la resistencia a la compresión del concreto con cementos Pacasmayo, Mochila e Inka. La investigación abordó ser de tipo experimental, para ello realizaron 9 probetas para cada uno de los cementos en mención junto a los agregados extraídos de la cantera Santa Cruz. Los resultados mostraron que, los agregados ensayados cumplen con la normativa vigente, siendo aptos para realizar el diseño de mezcla con un TMN de 3/4" y módulo de fineza igual a 2.87 para el agregado grueso y fino, correspondientemente. De esta manera, el cemento Mochica alcanzó una resistencia mayor en 28 días con 261 kg/cm², representando un aumento del 127.45 % en comparación con el cemento Pacasmayo, que registró por resistencia equivalente a 260.810 kg/cm². Asimismo, realizaron un ACU para las principales partidas de concreto armado, en donde encontraron un valor referencia de S/29, 206.07, S/29, 005.11 y S/29, 478.33 para los cementos Mochica, Inka y Pacasmayo, respectivamente. Concluyeron que, en términos de costo-beneficio y para obras con altos requisitos de resistencia, es conveniente optar por el cemento Mochica, dado que presenta un costo inferior y ofrece un rendimiento superior en cuanto a resistencia.

Ayuque (2019) por medio del estudio titulado: Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cementos comerciales en la ciudad de Huancavelica. El objetivo abordó establecer el valor sobre las características del concreto endurecido y fresco empleando cementos comerciales en la ciudad de Huancavelica. La muestra fue trabajada

con 96 unidades de probetas. El diseño que utilizó fue experimental. Los instrumentos admitidos llegaron a ser las fichas de ensayos, control de laboratorio, fichas técnicas de observación, balanza calibrada y cuaderno de datos equipos de laboratorio. Los resultados alcanzados certificaron un comportamiento diferente para cada mezcla de concreto, misma cantidad de agregados, agua y cementos (cemento Quisqueya tipo I, cemento Inka tipo ICo, cemento Nacional tipo I y cemento Andino tipo I,). Concluye que el concreto de elevada resistencia a compresión dentro de los 28 días considerando el curado en laboratorio ($23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$) se alcanzó por medio del cemento Quisqueya tipo I, logrando una resistencia estándar igual a 285.90 kg/cm^2 , el cual aborda ser el 136.140% al compararse con el diseño de mezcla de 210 kg/cm^2 . Respecto al concreto de elevada resistencia a compresión dentro de los 28 días considerando el curado a temperatura ambiente equivalente a 14.80°C se alcanzó por medio del cemento Quisqueya tipo I, logrando una resistencia estándar equivalente a 284.00 kg/cm^2 , correspondiente al 135.220% al compararse con el diseño de mezcla 210 kg/cm^2 .

Bases Teóricas

Concreto.

Es un componente constructivo cuya utilidad es aprovechada luego de haberse formado mediante la mezcla de cemento, agregados (grava y arena), agua y aditivo cuando se es solicitado. Luego de haber ejecutado la mezcla con lo mencionado anteriormente se genera una masa plástica, esta misma logra ser moldeable y compactada con facilidad; al pasar las horas este material nuevo adquiere una alta resistencia, durabilidad y capacidad adaptativo hacia diferentes utilidades (Jaimes et al., 2020).

El concreto puede prepararse y colocarse in situ o prefabricarse como elemento estructural fuera de la obra. Además, se pueden agregar aditivos al concreto para cambiar sus propiedades, para acortar el tiempo de curado, mejorar la trabajabilidad o aumentar la resistencia. Es uno de los materiales imprescindibles y sigue siendo muy utilizado por sus propiedades técnicas y económicas (Periasamy et al., 2023).

Cemento Hidráulico.

Aborda ser el componente inorgánico el cual es molido donde al ser mezclado con agua tiende a formar una pasta, se solidifica y endurece por medio de un proceso de reacción e hidratación, además puede mantener su estabilidad y resistencia dentro del agua después del endurecimiento (Wang et al., 2022).

De igual forma, llega a ser catalogado el componente más empleado por el ser humano; sin embargo, su elaboración es contaminación directa y contaminación ambiental. El cemento no solo es el componente más caro del concreto hidráulico, sino también el componente que causa la mayor contaminación durante la estructura, produciendo así una gran cantidad de CO₂ (zheng, 2022).

Cemento.

Adhesivo hidrofílico elaborado calcinando piedra caliza, arena y grava para la obtención de polvo fino el cual endurece al existir presencia de agua, obteniendo resistencia y características adhesivas (Pöllmann et al., 2022).

Debido a que el cemento aborda ser la mezcla de varios compuestos, representarlo como una de las fórmulas químicas tiende a ser un poco redundante porque cuatro compuestos representan el 90% de su peso (Rao et al., 2023).

Sus tipos abordan ser del:

TIPO I: Este mismo logra instaurar para proyectos de concreto, las construcciones de concreto y mampostería no necesitan unidades especiales.

TIPO IA: Parecido al anterior mencionado, sin embargo, comprende una elevada resistencia sobre las heladas.

PUZOLÁNICO IP: A este mismo se le ha incorporado puzolana en alrededor del 15%, componente el cual le brinda un color rojizo, de igual forma se consigue del ladrillo pulverizado, de ceniza volcánica o de la arcilla calcinada. Uno de sus beneficios de sustituir porcentaje del cemento por dicho componente llega a ser que admite la retención de agua, este mismo ayuda a poseer al cemento una elevada capacidad de adherencia.

TIPO II: A ello se le destina para obras de concretos generales y para obras que esten a exposición de la acción moderada por sulfato o donde es requerido moderada calor por hidratación.

TIPO IIA: Posee gran resistencia a la helada, pero mediana resistencia al sulfato.

TIPO III: Este mismo posee en un inicio alta resistencia. Al ser incluido al concreto, se alcanza una resistencia dentro de los 3 días igual a la que se alcanza dentro de los 28 días por concreto elaborado con cemento tipo I o tipo II. Es recomendable su uso al momento en que el desencofrado quiera adelantarse. Por otro lado, al fraguar, tiende a producir elevado calor, siendo aplicable para climas fríos.

TIPO III.A: Posee gran resistencia a la helada y gran resistencia en un inicio.

TIPO IV: Este mismo tiende a requerir baja calor de hidratación, debe aplicarse sobre vaciados en grandes proporciones de concreto (ejemplo: presas de concreto).

TIPO V: Este mismo tiende a requerir elevada resistencia a la acción por el sulfato. Su aplicación típica comprende a estructuras de medio hidráulico expuesto al agua con altos contenidos de álcalis o por la estructura expuesta al agua de mar.

Diseño de Mezcla de Concreto.

El proceso de elaboración de una mezcla de concreto implica determinar las proporciones adecuadas de los componentes que llegan a conformar el concreto (agua, agregados, cemento y posibles aditivos) para lograr las cualidades deseadas como resistencia, trabajabilidad, durabilidad y otras propiedades específicas. El desarrollo de una mezcla de concreta toma en consideración varios factores, incluidos los requisitos estructurales del proyecto, las condiciones ambientales, la disponibilidad de materiales, las especificaciones y estándares aplicables, así como los resultados de pruebas y ensayos previos. El diseño de mezclas se puede lograr utilizando métodos empíricos o enfoques basados en pruebas de laboratorio. Estos enfoques consideran factores como la relación agua-cemento, la relación cemento-agregado, la gradación del agregado, la resistencia deseada y otros factores importantes. A través de cálculos y definiciones se determinan proporciones óptimas de materiales para lograr el desempeño deseado del concreto. Es importante enfatizar que el diseño de la mezcla debe cumplir con las características y requisitos establecidos por las normas y regulaciones locales. Además, es crucial realizar pruebas y ensayos de laboratorio para verificar y ajustar las propiedades del concreto antes de su implementación en el sitio de construcción (Miao & Jiao, 2021).

Para lograr un diseño de mezcla de concreto adecuado para un proyecto, es fundamental tener conocimiento sobre los componentes involucrados. La mezcla de cemento, agua, aire atrapado, agregado grueso además del fino y ocasionalmente aditivos

da como resultado el concreto. Es evidente que los áridos logran ser un punto crucial del concreto, dado ello, es importante tener un control estricto sobre sus propiedades. En su mayoría se están empleando concretos en base a la relación a/c, la cual proporciona resistencias a la compresión que oscilan entre f_c 141,175 y 211 kg/cm^2 como valores estándar. Ocasionalmente se utilizan concretos con resistencias de f_c 235, 281, 317 kg/cm^2 y rara vez concretos con f_c de 360, 384,421 o más con la ayuda de aditivos. Los diseños de mezclas a menudo se basan por medio de tablas y proporciones que se basan en experiencias laborales previas. Sin embargo, este enfoque se desvía de la realidad porque durante esta etapa del proceso de construcción, el trabajo creativo del individuo responsable se vuelve crucial junto con su juicio personal. Respecto al diseño de la mezcla llega a representar simplemente el punto de partida para lograr algo óptimo, tendrá que verificarse a fin de ser implementado en la construcción real (Wembw et al., 2023).

Previa a la dosificación de una mezcla se tiene que tener conocimiento sobre los puntos presentes a continuación:

- Materiales
- Resistencia a la compresión requerida
- El elemento para llenar, tamaño y forma de la estructura
- Tener presente la condición ambiental durante el vaciado

De acuerdo con (Wembw et al., 2023) , hay que tener en cuenta que tendrá que diseñarse tanto para el estado endurecido y fresco, siempre se debe tener presente las principales exigencias y cumplir por la dosificación adecuada en estado fresco, respetando trabajabilidad, durabilidad, resistencia, además de la parte económica. Abordando un correcto proceso de diseñar, se debe seguir lo siguiente:

- Conocimiento de especificaciones dadas a la obra
- Establecer resistencia Compresión/flexión
- Seleccionar asentamiento
- Establecer relación agua/material cementante
- Consideración del contenido de agua
- Consideración cantidad de aire
- Establecer T.M. – T.M.N
- Contenido de material cementante
- Comprobar las granulometrías de los agregados
- Consideración de agregado grueso
- Consideración de agregado fino
- Ajuste del diseño de mezcla
- Ajuste por humedad

Propiedades Físicas.

Establecen su conducta e idoneidad en diferentes aplicaciones constructivas, unas pocas son medidas en estado fresco y las demás en estado endurecido. Además, tenerlas presentes nos beneficiará para establecer la condición de un concreto. Las pruebas realizadas para conocer sus cualidades garantizan la calidad del concreto dentro de una construcción (Rao et al., 2023).

Tiempo de Fraguado.

Condición que alcanza una pasta de cemento, mortero u concreto cuando ha perdido su plasticidad en grados arbitrarios. Esto llega a ser conocido por medio de la observación de la penetración de una aguja sobre las pastas de cemento (Calderón et al., 2021).

Expansión en Autoclave.

Una muestra prismática (área de sección transversal cuadrada igual a 25 mm y una longitud igual a 251 mm), curada durante 24 horas en una cámara húmeda, llega a ser ubicado en una autoclave en condiciones específicas de temperatura y presión. La expansión resultante se mide para determinar el potencial de expansión originada por la hidratación tardía del CaO libre o cantidades excesivas de MgO presentes en el cemento Portland (Calderón et al., 2021).

Resistencia a los Sulfatos.

Al estar a exposición de concentraciones nocivas por sulfatos, se elaborará con cementos con resistencia a sulfatos (RCE, 2021), tales como:

- Cemento Portland adicionado Tipo H.S.
- Cemento Portland Tipo V.
- Cementos de alta resistencia a los sulfatos.
- Cementos de moderada resistencia a los sulfatos.
- Cementos Portland adicionado Tipo M.S.
- Cemento Portland Tipo II.

Calor de Hidratación.

Calor provocado por la combinación del cemento con agua (la reacción de agua con el cemento es un proceso que libera calor). Para edificaciones con elevado volumen, la cantidad de calor y la rapidez provocada llegan a ser de gran importancia pues crean esfuerzos

perjudiciales que a la larga provocan fisuras en el concreto. El cemento que posee baja proporción de C.3.S. y C.3.A. tiende a generar baja calor por hidratación (Calderón et al., 2021).

El aumento del T de curado, contenido de cemento, finura del mismo y tienden a incrementar el calor por hidratación.

Propiedades Químicas.

El cemento tiende a conformarse por yeso y Clinker, siendo la composición química y etapas de este último los que aportan diversas características al cemento. Dentro de ellas se encuentra la elevada resistencia inicial o la resistencia sobre el sulfato, se explican de forma directa por el porcentaje de etapas contenidas en el cemento. Tiende a ser de importancia conocer estas etapas en mención, además de cuáles son sus características (Serkan et al., 2022).

Pérdida por ignición: Tener altas pérdidas por ignición es señal de carbonatación o hidratación del cemento generada por un acopio erróneo y prolongado. Su envejecimiento impacta sobre la resistencia e incrementa los tiempos de fragua.

Trióxido de azufre (SO₃): Manera de expresar sulfatos encontrados por medio del cemento.

Óxido de magnesio (MgO): Sistema de cristalización, poseen un aumento de volumen y de igual forma ocasiona grietas en el concreto.

Residuo insoluble: Señal de la transformación de óxidos en compuestos. Ensayo empleado para verificar si un cemento fue adulterado.

Álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$): La reacción álcali-agregado se genera para determinados agregados reactivos y alcalices del cemento, generando un gel absorbente de agua, este se dilata y ocasiona presiones internas que fisuran el concreto.

Los problemas de expansión generados por reacción álcali-agregado se pueden prevenir o controlar empleando:

Cementos Portland de bajo contenido de álcalis: Álcalis equivalentes: $(\text{N.a.2.O.} + 0,6580 \text{ K.2.O.}) < "0,60 \%$

Cementos Portland adicionados (Opción R.): Baja reactividad con agregados álcali-reactivos

Ensayo de Pesos Unitarios.

Conocido también como ensayo de densidad o masa unitaria, el objetivo de este procedimiento es calcular el peso por unidad o la densidad del concreto en su estado fresco o compactado. Esta prueba es fundamental para asegurar que el concreto cumpla con los requisitos específicos de densidad establecidos en el diseño, garantizando así su resistencia y durabilidad adecuada. El peso unitario se expresa en unidades de masa por unidad de volumen, proporcionando información sobre la compacidad y la cantidad de agregados y cemento presentes en la mezcla de concreto. Es esencial seguir las normas y estándares pertinentes, como aquellos establecidos por organismos de normalización o códigos de construcción reconocidos, para llevar a cabo correctamente el ensayo de pesos unitarios y obtener resultados precisos y confiables (Wembw et al., 2023).

Trabajabilidad.

]Se refiere a su capacidad para ser mezclado, transportado, colocado y compactado de manera fácil sin que haya segregación excesiva. Esta es una propiedad de gran

importancia, ya que afecta la facilidad y eficiencia con la que se puede colocar el concreto en la obra. El manejo adecuado del concreto depende de varios factores, como la cantidad y tipo de agregados, la proporción de agua y cemento, los aditivos utilizados y la consistencia deseada. Una forma común de medir y evaluar la trabajabilidad del concreto es mediante el uso del asentamiento del cono de Abrams (Yang et al., 2021)

Exudación.

Fenómeno en el que el agua liberada durante el proceso de fraguado del concreto fresco se mueve hacia la superficie, provocando la segregación de los componentes finos y dejando una capa de agua sobre el concreto. Varios factores pueden contribuir a la exudación, como una proporción inadecuada de agua, un alto contenido de finos, el uso excesivo de superplastificantes o una vibración excesiva durante la colocación. Además, las altas temperaturas y la baja viscosidad de la mezcla de concreto también pueden contribuir a la exudación. La exudación puede tener efectos perjudiciales sobre el concreto endurecido, ya que la capa de agua en la superficie puede resultar en una resistencia reducida, una menor durabilidad y una mayor susceptibilidad a la formación de grietas y daños (Wembw et al., 2023).

Para controlar la exudación del concreto, es fundamental emplear prácticas adecuadas de mezcla, colocación y compactación. Esto implica utilizar una proporción adecuada de agua y cemento, evitar la vibración excesiva del concreto y disponer con aditivos en base a requisitos específicos del proyecto. También, garantizar el curado adecuado del concreto es esencial para evitar la evaporación excesiva de la humedad de la superficie y regular el nivel de evaporación de la humedad en la superficie (Bhattacharyya et al., 2022).

Ensayo de Peso Específico

El término "peso específico" se refiere a la masa de concreto contenida en un volumen específico, generalmente expresada en unidades de masa por volumen, como kg/m^3 . El peso específico del concreto varía dependiendo de la composición y proporción de sus componentes, como cemento, áridos (grava y arena) y agua. En general, el peso específico del concreto convencional utilizado en la construcción oscila entre 2200 kg/m^3 (137 lb/ft^3) y 2500 kg/m^3 (156 lb/ft^3). Es importante señalar que el peso específico del concreto puede verse influenciado por varios factores, incluida la cantidad y el tipo de agregados utilizados, la cantidad de aire atrapado en la mezcla y la presencia de aditivos. Además, existen diferentes tipos de concreto, como el concreto ligero (menor densidad) y el concreto de alta densidad (mayor densidad), que pueden tener diferentes pesos específicos. El conocimiento y el control del peso específico del concreto son esenciales para garantizar que cumple con las normas de diseño, los requisitos de resistencia estructural y la durabilidad necesarios para una aplicación determinada (Kanagaraj et al., 2023).

Densidad.

Se hace referencia al peso unitario del concreto, tanto en estado compactado como fresco. La densidad es un factor determinante de la durabilidad y resistencia del concreto, y se mide en masa por unidad de volumen. Además, la densidad proporciona información sobre la cantidad de agregados y cemento en la mezcla, así como la compactación del concreto. Es crucial realizar ensayos precisos del peso unitario para obtener resultados confiables que cumplan con los estándares y códigos de construcción pertinentes (Wembw et al., 2023).

Contenido de Aire

El término se refiere a la cantidad de aire incorporado intencionalmente en la mezcla durante el proceso de mezclado. Se agrega aire al concreto con el propósito de optimizar su resistencia contra los ciclos de congelación y descongelación, reducir el daño causado por la expansión del agua congelada y mejorar la trabajabilidad. El contenido de aire del concreto normalmente se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla de concreto. Los "aditivos inclusor de aire" se utilizan para introducir burbujas de aire en la mezcla, creando una distribución uniforme de pequeñas burbujas por toda la matriz del cemento. Es importante considerar que esto puede afectar otras características del material, como la resistencia a la compresión y la facilidad de manipulación. Por lo tanto, es necesario seguir recomendaciones y requisitos específicos establecidos en los códigos y normas de construcción pertinentes para garantizar un contenido de aire adecuado en relación con las necesidades del proyecto y las condiciones climáticas locales (Solís & Alcolcer, 2019).

Contenido de vacíos.

La porosidad es un concepto clave que abarca la cantidad de vacíos presentes en una mezcla, específicamente la cantidad de poros dentro de la estructura del concreto endurecido. Esta proporción está determinada por varios factores, incluyendo la relación entre el cemento y el agua (A/C), el volumen del aire atrapado, el grado de hidratación y la proporción entre el agregado grueso y fino. Estos últimos representan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen total. La propia porosidad de estos componentes influye significativamente en la porosidad total del concreto (Cominato et al., 2022).

Granulometría.

La distribución de las partículas utilizadas en la mezcla es el objetivo principal cuando se trata de producción de concreto. En particular, arena y grava son los áridos que intervienen

en la formulación de este material. Sin embargo, estos componentes poseen diferentes morfologías que deben clasificarse en función de su tamaño para lograr una combinación adecuada de agregados finos y gruesos. Esto asegura una mezcla homogénea que cumple con las propiedades deseadas. Distribuyendo correctamente las partículas podemos mejorar la trabajabilidad, durabilidad y resistencia mecánica del concreto (Santamaria et al., 2021).

El concreto es un material muy utilizado en la construcción debido a su versatilidad. Es una pasta maleable que gana fuerza con el tiempo y consiste en una mezcla simple de cemento, agregados (grava y arena), posibles aditivos y agua. La reacción química entre el agua y el cemento inicia un proceso de endurecimiento y fraguado mientras el cemento actúa como aglutinante de los áridos, reforzando y aportando volumen al concreto. Esto da como resultado un material duradero y de alta resistencia que puede adaptarse a diversas morfologías según los requisitos de diseño. Como tal, se utiliza ampliamente para aplicaciones estructurales que incluyen columnas, zapatas, cimientos, muros, entre otros (Zambrano et al., 2022).

Resistencia a la Compresión.

El método para determinar la resistencia a la rotura se realiza ensayando probetas cúbicas con lados de 51 mm. Estas muestras se preparan utilizando una mezcla de mortero consistente que consiste en una parte de cemento y 2,76 partes de arena estándar, dosificadas en masa ($w/c=0,486$). Los cubos se curan en sus moldes durante un día antes de ser retirados y sumergidos en agua de cal hasta el momento de la prueba (3, 6 y 28 días) (Hernández & Cuetara, 2023).

Métodos de Diseño de Mezcla

La aplicación de métodos de solución ofreció la posibilidad de reducir los gastos asociados a la producción de concreto utilizando cementos comerciales en proyectos privados. Esto facilitó la determinación de la durabilidad de la estructura sin incurrir en sobrecostos. Además, se implementó el método ACI en el proceso de diseño de la mezcla.

En base a la metodología ACI 211, empleada para el diseño de mezcla se siguió como primer paso, la selección del asentamiento, el cual estuvo en función del tipo de construcción (zapata, muros, columnas, etc), cuyo slump varió desde los 25mm a 100mm. Posteriormente, se seleccionó el TMN, cuya selección se relacionó con la estimación del contenido de agua y aire de la mezcla, acorde con el tamaño del agregado. Después, se seleccionó la relación a/c no solo basándose en los criterios de resistencia, sino también en los de durabilidad, por lo que se escogió las relaciones típicas según los requisitos de resistencia utilizando cemento Portland Tipo I. Luego, se calculó el contenido de cemento, dividiendo el contenido de agua por la relación a/c, seguidamente se estimó el contenido de agregado grueso, con la finalidad de obtener un concreto manejable. Asimismo, se evaluó el contenido de agregado fino, calculando la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso de los materiales empleados. Posterior a ello, se realizó el ajuste por humedad de los agregados, compensando la absorción de los mismos en campo, dependiendo de la humedad natural. Por último, se mostró las dosificaciones tanto en peso y volumen del diseño de mezcla elaborado (Cordero et al., 2019).

Tecnologías Asociadas

El Laboratorio de Calidad de Cemento utiliza diversas tecnologías asociadas para llevar a cabo análisis y pruebas con el objetivo de evaluar la calidad y características del

cemento. Algunas de las tecnologías comúnmente empleadas en el laboratorio incluyen: Análisis de Área Superficial Específica (BET) y pruebas mecánicas (ensayos de resistencia a compresión, flexión y durabilidad del cemento)

Aspectos Legales

NTP. 334.090.

Especifica el requisito de adición de cemento Portland que debe cumplirse para fines de construcción generales y/o especiales. La adición de escoria, puzolana o relleno de piedra caliza al cemento Portland o al Clinker de cemento Portland produce cementos Portland añadidos. Por lo tanto, esta NTP establece los requisitos que deben cumplir los Cementos Portland Adicionados destinados a aplicaciones generales de construcción.

Norma E.060 Concreto Armado.

Esta Norma establece los requerimientos y requisitos mínimos para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad y supervisión de estructuras de concreto armado, pretensado y simple. Los planos y especificaciones técnicas del proyecto de la estructura tendrán que respetar esta Norma.

NTP 239.403: 2022 Cementos.

Esta norma proporciona lineamientos para el proceso de recepción de embarques de cemento envasado o a granel, en los cuales se debe realizar control de documentación (pedidos, notas de despacho, notas de entrada, de acuerdo con las disposiciones legales aplicables al cemento hidráulico), y control mediante supervisión visual, para corroborar el estado de las bolsas, presencia de contaminación o mezclas no autorizadas.

De igual forma, instaure las exigencias mínimas de infraestructura (construcciones seguras); gestión para ser almacenado (a granel en silos sellados a razón de impedir

mezclas con otro cemento de diferente tipo, ser envasado en bolsa, cubiertos, libres de humedad y protegidos de la lluvia); organización del almacén (criterios de colocación, distribución y rotación de los envíos de cemento ingresados de acuerdo a su marca, categoría, variedad, fecha de empleo, entre otros, además de volumen y medida).

NTP 334.009 / ASTM C-150 Tipo I, II, III, IV y IV

Esta norma hace mención sobre los diferentes tipos de cementos fabricados en el Perú, tales como (I, II, IV, V), se establecen los requerimientos generales de resistencia, composición química, ensayos, etc., que se tendrá en cuenta para los cementos y así cumplir un índice de calidad en relación con las aplicaciones generales y especiales dados.

I: Uso general, apropiado para todo uso sin requerimientos específicos.

II: Moderada resistencia a sulfatos y calor de hidratación

III: Altas resistencias iniciales

IV: Bajo calor de hidratación

V: Elevada resistencia a sulfatos

NTP 334.009 / ASTM C-595 Tipo IP, IPM.

Esta norma hace mención sobre los diferentes tipos de cementos fabricados en el Perú, tales como (IP, IPM), estableciendo los requerimientos generales de resistencia, composición química, ensayos, etc., que se tendrá en cuenta para los cementos y así cumplir un índice de calidad en relación con las aplicaciones generales y especiales dados.

IP: Cemento Portland Puzolánico. Es un cemento hidráulico donde la puzolana contribuyente toma relevancia hasta un 40 % en masa del cemento añadido.

IPM: Cemento Portland Puzolánico tipo I. Es un cemento hidráulico donde la puzolana contribuyente toma relevancia hasta un 20 % en masa del cemento añadido.

NTP 334.082 / ASTM C-1157 Tipo HS/MS/R (C. Hidráulico)

Esta norma da conocimiento sobre los requerimientos por realizar de los cementos hidráulicos con aplicación general y especiales, incluyendo los fabricados nacionalmente como internacionalmente.

NTP 339.212:2023 Concreto.

Método de ensayo estándar para establecer la edad del agrietamiento y características del esfuerzo de tensión llevada del mortero y concreto bajo contracción restringida.

A nivel Internacional se tienen las siguientes normas:

UNE-EN 197-5 Cemento. Parte 5.

El Cemento Portland compuesto CEM II/C-M y el Cemento Compuesto CEM VI son contemplados por esta normativa, la cual incorpora innovadores tipos de cemento. Estos cumplen con los requisitos establecidos para las estructuras de concreto y las aplicaciones de mortero de cemento, con el propósito de satisfacer las metas españolas en relación con el cambio climático, al mismo tiempo que se busca reducir al mínimo la utilización de recursos naturales.

ASTM.

Son las siglas de American Society for Testing and Materials en inglés (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), abarcan el grupo de principios procesados para asegurar un marco de calidad y competitividad dirigida a la investigación y fabricación.

AASHTO.

Representan las siglas en inglés de American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de HIGHWAYS estatales y transportes

oficiales), es un organismo cuyas normativas establecen protocolos en cuanto ensayos y directrices utilizados en diseño y construcción de carreteras.

ACI.

American Concrete Institute (Instituto de Concreto Americano), emplea factores empíricos para diseñar mezclas y en los cuales se establecen primero el agua del diseño acorde al revenimiento y tamaño máximo del agregado.

AISC.

Corresponde a las siglas en inglés de American Institute of Steel Construction, se encarga de estudiar las normas para el diseño y construcción de estructuras de acero.

CRSI.

Son las siglas en inglés de Concrete Reinforcing Steel Institute, ofrece muchos recursos para ingenieros, arquitectos, contratistas y casi cualquier persona que trabaje con concreto armado. En Colombia los cementos se clasifican según la NTC 121 la cual es la adaptación de la ASTM C 1157.

Definición de Términos Básicos

Concreto: El concreto es una mezcla utilizada en la construcción compuesta por cemento, agregados (arena, grava), aditivos y agua (Santamaria et al., 2021).

American Concrete Institute (ACI): Es el nombre que lleva la organización estadounidense también conocida en español como Instituto Americano del Concreto, cuyo propósito es plantear estándares, recomendaciones y normas técnicas sobre el uso del concreto y sus respectivas variaciones para futuras aplicaciones (Santamaria et al., 2021).

Relación agua-cemento: Proporción a partir de la cantidad de agua y la cantidad de cemento utilizado en la mezcla de concreto (Santamaria et al., 2021).

Cemento: Adhesivo hidrofílico elaborado calcinando piedra caliza, arena y grava para obtener un polvo fino que endurece en presencia de agua, obteniendo resistencia y propiedades adhesivas (Pöllmann et al., 2022).

Agregado: Material pétreo (arena, grava) utilizado como refuerzo en la mezcla de concreto (Zambrano et al., 2022)

Mezcla de concreto: Proporciones específicas de cemento, agregados y agua utilizada para obtener una mezcla homogénea y adecuada para la construcción (Zheng et al., 2023).

Fraguar: Proceso de endurecimiento del concreto después de su mezcla, debido a la hidratación del cemento (Zambrano et al., 2022).

Curado: Procesos de mantener la temperatura y humedad adecuada del concreto recién colocado para promover su endurecimiento y resistencia (Zambrano et al., 2022).

Retracción: Contracción que experimenta el concreto durante el proceso de fraguado y endurecimiento debido a la pérdida de humedad (Zheng et al., 2023).

Propuesta de Solución

Metodología de la Solución

Etapa I: Selección y Obtención de los Materiales

Se seleccionó y obtuvo el agregado de la cantera Carranza ubicada en el CC.PP. Naciente del Río Negro, en donde se obtuvo la grava triturada de un TM 1” y la arena natural zarandeada. Asimismo, se trabajó con el cemento tipo ICO Pacasmayo e Inka. Por otro lado, se recomienda el uso de aditivo superplastificante Sikaplast 740PE, con la finalidad de obtener un asentamiento entre los rangos de 6-8”.

Etapa II: Evaluación de las Características y Propiedades de los Agregados

Ensayo de Granulometría

Se llevó a cabo el procedimiento detallado en la NTP 400.012 con el objetivo de obtener las distribuciones de tamaños de los componentes de los Agregados Finos (AF) y Agregados Gruesos (AG) mediante el tamizado. Para ello, se emplearon tamices, una balanza, un cucharón metálico y un horno. Inicialmente, las muestras de agregado fueron secadas, posteriormente tamizadas de acuerdo al tipo de agregado y agitadas manualmente. A continuación, se registró la cantidad retenida en cada tamiz y se realizaron los cálculos correspondientes.

Ensayo de Peso Específico y Absorción

Se llevó a cabo el procedimiento descrito en la NTP 400.021 con el propósito de determinar el peso específico del agregado, que representa la relación entre la masa de un volumen unitario del agregado en condiciones de aire, así como la masa del mismo

volumen del agregado cuando está sumergido en agua. Para realizar este proceso, se utilizaron tamices, una estufa, una balanza, una cesta con malla de alambre y un horno. En primer lugar, se secaron las muestras de agregado en un horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, se sumergieron en agua durante 24 horas, se secaron superficialmente en una toalla y se pesaron en condiciones de estar superficialmente secas y saturadas. Luego, se colocaron en una cesta de alambre, se determinó su peso en agua, se llevó a cabo el secado de la muestra hasta que su peso se mantuvo constante y se enfrió a temperatura ambiente. Finalmente, se realizaron los cálculos según lo establecido en la normativa correspondiente.

Contenido de Humedad

Se llevó a cabo el procedimiento detallado en la NTP 339.185.2018 con el objetivo de determinar el contenido de humedad evaporable en una muestra de agregado mediante el método de secado. En este proceso, se emplearon un depósito, una balanza y un horno. Inicialmente, se secaron las muestras de agregado en el horno y luego se llevaron a cabo los cálculos correspondientes.

Peso Volumétrico del Agregado

Se llevó a cabo el procedimiento establecido en la NTP 400.017.2016 con el propósito de determinar tanto el peso unitario en condiciones de suelta como compactada, además de calcular el porcentaje de vacíos. Este proceso se ejecutó específicamente para agregados con un TMN de 150 mm. Para realizarlo, se emplearon tamices, una balanza, un cucharón y una barra compactadora. El método consistió en verter en el molde solo un tercio de su altura, nivelar manualmente y, posteriormente, aplicar 25 golpes uniformes sobre la superficie con la barra compactadora. Luego, se llenó el molde hasta alcanzar dos

tercios de su capacidad, repitiendo el mismo procedimiento, y finalmente se completó hasta su capacidad total, registrando el peso del material con el molde como último paso.

Etapa III: Elaboración del Diseño de Mezcla

Diseño de Mezcla

Para este ítem se realizó el diseño de mezcla previo para un concreto de resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en donde se define la relación de a/c mediante la aplicación de los criterios en el método del ACI 318.

Realización de Probetas de Concreto y Curado

Para ello, se emplearon herramientas como una varilla compactadora de acero, moldes cilíndricos y un martillo de goma. Durante el vertido en los moldes, se verifica la óptima condición del molde cilíndrico y se vierte el concreto asegurando una distribución uniforme alrededor del perímetro. En la última adición de concreto, se añade una cantidad suficiente para lograr un molde ligeramente sobrecargado después de compactar. Durante la consolidación, la mezcla se dispone en capas de volúmenes similares, cada capa se compacta con una varilla lisa, penetrando aproximadamente 1". Luego, se golpea suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar posibles vacíos o burbujas de aire, y se retira el exceso de concreto en el molde. Finalmente, el proceso de curado se lleva a cabo 48 horas después, sumergiendo completamente los moldes en contenedores de almacenamiento de agua, aproximadamente 30 minutos después de haber sido desmoldados.

Etapa IV: Obtención de las Propiedades de Concreto

Asentamiento del Concreto

Se llevó a cabo el procedimiento descrito en la NTP 339.035.2009 con el objetivo de cuantificar el asentamiento del concreto. Para esto, se emplearon herramientas como una varilla compactadora de acero, moldes cilíndricos, una cinta métrica y un cucharón. En este ensayo, se llenó el molde con tres capas de concreto (cada una correspondiente a 1/3 del volumen total), compactando con 25 golpes en cada capa. En la última capa, se niveló utilizando la barra compactadora y se eliminó el exceso de material. Posteriormente, con un movimiento ascendente firme, se retiró el molde con precaución. Finalmente, se registró la diferencia entre la posición inicial y final, indicando el asentamiento del concreto.

Peso Unitario, Rendimiento y Contenido de Aire del Concreto

Se llevó a cabo el procedimiento especificado en la NTP 339.046.2008 con el propósito de determinar, en estado fresco, el peso unitario del concreto. Se utilizaron instrumentos como una balanza, un cucharón, una barra corrugada, un mazo y un depósito. En este ensayo, se seleccionó el método de consolidación, y posteriormente se vertió el concreto en el molde cilíndrico, moviendo el cucharón alrededor del borde interior para asegurar una distribución uniforme. En cada tercio de cada capa, se compactó 25 veces y se golpeó con un mazo alrededor del molde entre 10 y 15 veces. Finalmente, se procedió a realizar la medición del peso.

Resistencia

Se aplicó el método establecido en la NTP 339.034.2013 con el objetivo de llevar a cabo de manera adecuada el ensayo y determinar la resistencia a compresión de las muestras de concreto. Para ello, se empleó una máquina de compresión. Dependiendo de la

edad de las muestras, se colocó la probeta en la parte superior del cabezal de la máquina, se limpió la superficie y se alineó con la parte central de la rótula del bloque. Se verificó que la máquina estuviera calibrada en 0. Luego, se aplicó la carga de manera uniforme y se realizaron los cálculos conforme a las indicaciones de la norma.

Etapa V: Comparación del Costo por Metro Cúbico del Concreto

Se comparó el costo del concreto por metro cúbico de los dos tipos de cementos usados para el diseño de mezcla de los cuáles se han fabricado las probetas de concreto.

Desarrollo de la Solución

Determinación de las Propiedades Físicas de los Agregados

Se realizó la evaluación del AF y AG, en base a los requerimientos de las especificaciones del proyecto, se obtuvo como resultados para la grava triturada un TMN $\frac{3}{4}$ " con una abrasión de 22.2% y arena natural zarandeada con un módulo de fineza de 2.85, por lo que ambos cumplen con lo requerido.

De acuerdo con el **análisis granulométrico**, la Tabla 16 muestra el análisis de granulometría de la muestra considerada, donde se evaluó la distribución de los tamaños del árido fino.

En el presente análisis, se evidenció que los valores retenidos en cada tamiz se sitúan en los límites establecidos, conforme a las especificaciones y parámetros definidos (Figura 3). En consecuencia, se determinó que se puede sugerir la utilización de estos agregados en la composición del concreto debido a la adecuada distribución de las partículas que exhiben.

Tabla 1.

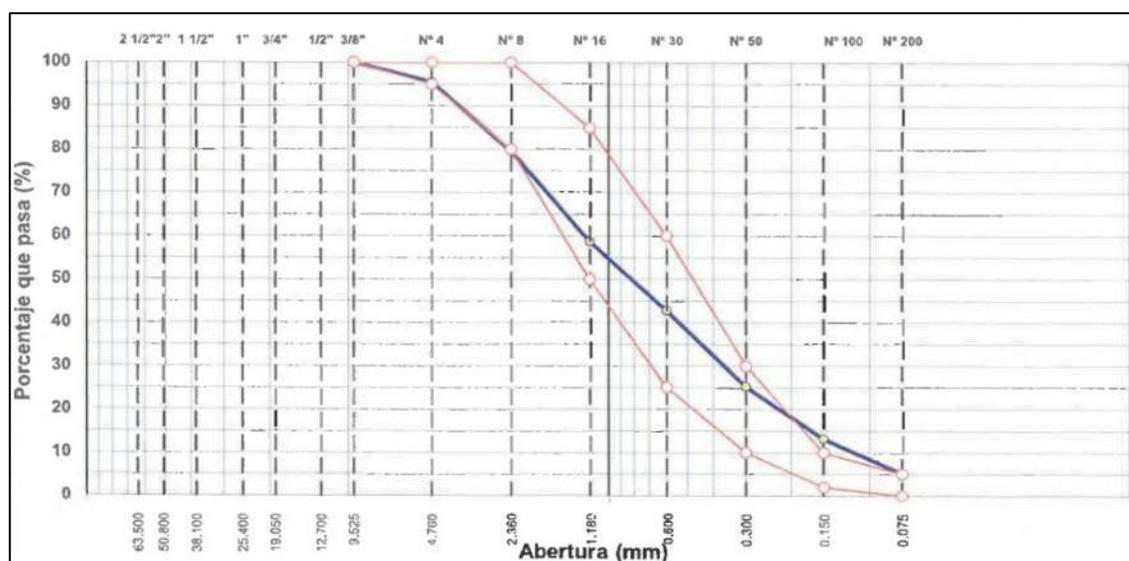
Granulometría del agregado fino.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido	% retenido	% ret. Acumulado	% que pasa	Especif.	Descripción de la muestra
3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	100,0		
1/4"	6,350	0,00	0,00	0,00	95,6		
No4	4,760	44.5.7	4,5	4,50	75,6		
No8	2,380	159.7	16,00	20,40	58,70		
No10	2,000	0,00				100%	Peso Inicial =
No16	1,190	208.5	20,9	41,3	42,95	95 - 100 %	1013,200
No20	0,840	0,00				80 - 100 %	gr. Módulo de Fineza =
No30	0,590	159,30	15,9	57,20		50 - 85 %	2.85
No40	0,420	0,00				25 - 60 %	
No 50	0,300	175,5	17,6	74,80	25,2	10 - 30 %	OBSERVA
No60	0,250	0,00				2-10%	CIONES:
No80	0,180	0,00					
No100	0,149	120,9	12,1	86,90	13,2		
No200	0,074	80,0	8,0	94,90	5,2		
<No200	FONDO	51,5	5,2	100,00	0,00		
FINO		955,55					
TOTAL		1000,00					

Nota. Elaboración propia.

Figura 3

Curva granulométrica del material fino



Nota. Elaboración Propia

La Tabla 2 muestra el análisis de granulometría de la muestra considerada, donde se evaluó la distribución de los tamaños del árido fino.

Tabla 2.

Granulometría del agregado grueso.

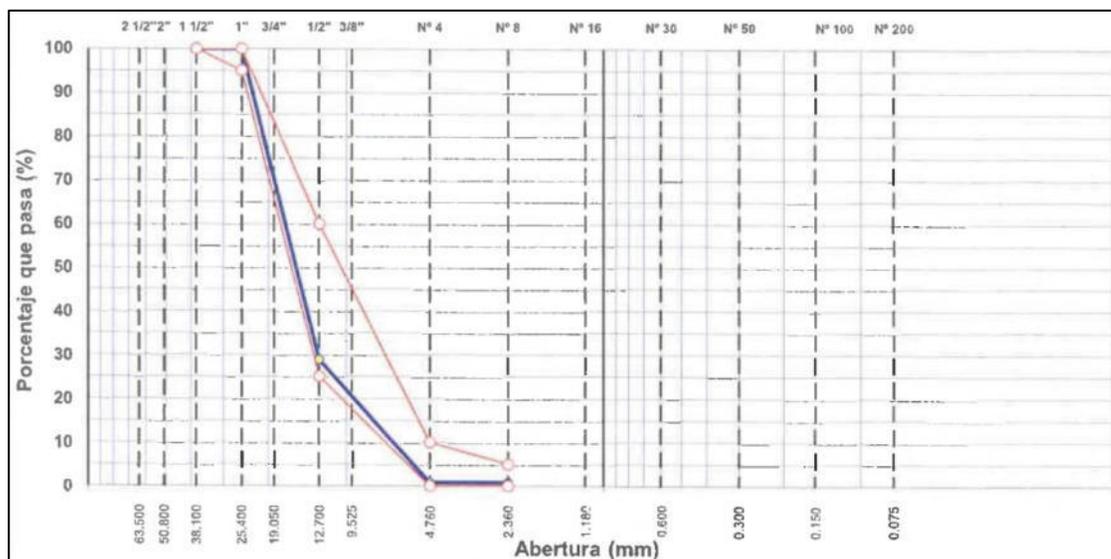
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	Especif.	Descripción de la muestra
3"	76,200						
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	100 %	
2"	50,600	0,00	0,00	0,00	100,00	90 - 100 %	
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00	%	
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00	20 - 55 %	Peso Inicial = 2000 gr.
3/4"	19,050	100,80	5,00	5,00	95,0	%	Tamaño máx. nominal = 3/4 "
1/2"	12,700	1321,40	66,10	71,10	28,9	0 - 10 %	OBSERVACIONES:
3/8"	9,525	430,60	21,50	92,60	7,4	%	
No4	4,760	131,50	6,60	99,20	0,08		
No8	2,360	0,00	0,00	99,20	0,08		
<No8	FONDO	0,00	0,00	99,20	0,08		
	TOTAL	2000,00					
	% PÉRDIDA	0,00					

Nota. Elaboración propia.

En este análisis, se observa que los valores retenidos en cada tamiz se encuentran dentro de los rangos máximos y mínimos permitidos, tal como están especificados y parametrizados en la figura 4. Por lo tanto, se concluye que se puede recomendar el uso de estos agregados en la mezcla de concreto debido a la buena distribución de las partículas que presentan.

Figura 4

Curva granulométrica del material grueso



Nota. Elaboración Propia

De acuerdo con el **ensayo peso unitario suelto y varillado**, la Tabla 3, muestra el resultado promedio del peso unitario suelto y compactado obtenido de 1562kg/m³ y 1714kg/m³, respectivamente para el agregado fino.

Tabla 3.

Peso unitario del agregado fino

Descripción	Símbolo	Muestra			Prom	Und
		AF1	AF2	AF3		
Peso unitario suelto	P.U.S.	1561	1563	1562	1562	kg/m ³
Peso unitario varillado	P.U.C.	1713	1715	1714	1714	kg/m ³

Nota. . Elaboración propia.

Respecto al **ensayo de peso específico**, la Tabla 4 evidencia el resultado registrado de 2.791 gr/cm³ para el agregado fino. Este valor posibilitó la adaptación del diseño de la mezcla con el objetivo de alcanzar las propiedades deseadas en el concreto, tales como la

trabajabilidad, durabilidad y resistencia. Además, la absorción del 1,90% tuvo un impacto directo en la cantidad de agua necesaria.

Tabla 4.

Peso específico y % de absorción del agregado fino

Descripción	Valor	Unidades
Peso de muestra secada al horno	490,67	kg/m ³
Peso de muestra saturada seca	500,00	kg/m ³
Peso específico	2,791	gr/cm ³
Absorción	1,90	%

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 5, muestra el cálculo obtenido del ensayo para el agregado grueso, obteniendo un peso específico y absorción de 2.739 gr/cm³ y 1.57%, respectivamente.

Tabla 5.

Peso específico y % de absorción del agregado grueso

Descripción	Valor	Unidades
Peso de muestra secada al horno	1969,00	gr/cm ³
Peso de muestra saturada seca	2000,00	gr/cm ³
Peso específico	2,739	gr/cm ³
Absorción	1,57	%

Nota. Elaboración propia.

Respecto al **ensayo de abrasión**, la Tabla 6 evidencia que el agregado grueso presentó un desgaste del 22% siendo un valor menor a lo máximo establecido en norma.

Tabla 6.

Ensayo de abrasión del agregado grueso

Tamiz Pasa - Retiene	Gradación B
¾" – ½"	490,67
½" – 3/8"	500,00

3/8" – 1/4"	0,00
1/4" – N°4	0,00
N°4 - N°8	0,00
Peso total	5000,00
N° de esferas	11
% Desgaste	22.2%

Nota. Elaboración propia.

Diseño de Mezcla del Concreto

Durante la elaboración del diseño de mezcla del concreto, se crearon cuatro combinaciones distintas con el cemento tipo ICo Pacasmayo e Inka, adicional a ello se incorporó el aditivo superplastificante en diferentes proporciones Sikaplast 740PE con la finalidad de mejorar la trabajabilidad del concreto (ver Tabla 7).

Tabla 7. *Dosificaciones del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$*

Por m3 de concreto		Tipo de concreto $f'c$ (kg/cm ²)			
Insumo	Und	210 (Tipo ICo) Pacasmayo	210 (Tipo ICo) Pacasmayo	210 (Tipo ICo) Inka	210 (Tipo ICo) Inka
Cemento	kg	348	348	357	357
AF (arena natural)	m ³	0.557	0.557	0.550	0.550
AG (grava TMN 3/4")	m ³	0.692	0.692	0.692	0.692
Sikaplast 740PE	lt		1.45		1.49
Agua	lt	185	185	185	185

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, de acuerdo a los resultados de la resistencia a compresión se cuenta con data registrada a los 7 días de curado de los testigos de concreto. Por ello, como se puede visualizar en la Tabla 8, los resultados alcanzados mediante las dosificaciones propuestas cumplen con las resistencias mínimas estipuladas por la Norma ITINTEC 400-037 y las resistencias especificadas en el diseño de 210 kg/cm², en un promedio a los 5 días.

Tabla 8.*Dosificaciones del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$*

Días de curado	Especificaciones técnicas % mínimo	Resistencia de diseño (kg/cm ²)			
		210 (Tipo ICo) Pacasmayo %	210 (Tipo ICo) Pacasmayo %	210 (Tipo ICo) Inka %	210 (Tipo ICo) Inka %
3	40	-	-	-	-
7	65	65.84	-	-	-
14	76	-	-	-	-
21	91	-	-	-	-
28	100	-	-	-	-

Nota. Elaboración propia***Comparación de los Costos por Metro Cúbico***

Según la Tabla 9, se observó la reducción del 2.13% en el costo por metro cúbico de concreto ($f'c=210\text{ kg/cm}^2$) al utilizar el cemento Pacasmayo en comparación con el cemento Inka. Del mismo modo, al emplear el cemento Pacasmayo con el aditivo Sikaplast 740PE, se evidenció una disminución de costos del 2.16% en comparación con el cemento Inka.

Tabla 9.

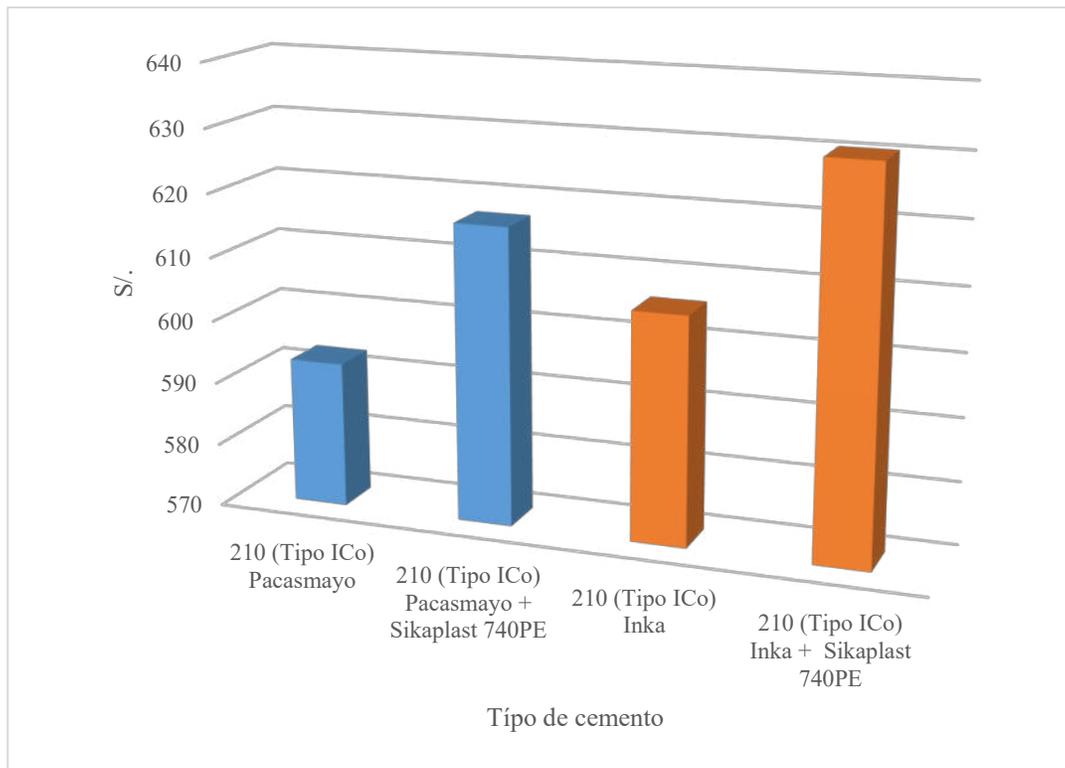
Precios para 1m3 de mezcla en estado seco según tipo de cemento

Por m3 de concreto		Tipo de concreto f'c (kg/cm2)							
Insumo	Und	210 (Tipo ICo) Pacasmayo	Precio (S/)	210 (Tipo ICo) Pacasmayo	Precio (S/)	210 (Tipo ICo) Inka	Precio (S/)	210 (Tipo ICo) Inka	Precio (S/)
Cemento	M3	8.20	S/ 237.80	8.20	S/ 237.80	8.40	S/ 244.44	8.40	S/ 244.44
Cemento	kg	348	S/ 237.80	348	S/ 237.80	357	S/ 244.44	357	S/ 244.44
AF (arena natural)	m3	0.557	S/ 27.80	0.557	S/ 27.80	0.550	S/ 27.80	0.550	S/ 27.80
AG (grava TMN ¾")	m3	0.692	S/ 55.36	0.692	S/ 55.36	0.692	S/ 55.36	0.692	S/ 55.36
Sikaplast 740PE	lt			1.45	S/ 23.93			1.49	S/ 23.93
Agua	lt	185	S/ 34.23	185	S/ 34.23	185	S/ 34.23	185	S/ 34.23
Total (S/)		S/ 593.04		S/ 616.96		S/ 605.97		S/ 630.55	

Nota. Elaboración propia.

Figura 5

Precios para 1m³ de mezcla en estado seco según tipo de cemento



Nota. Elaboración Propia

La Figura 5 indicó que se registró un costo superior al emplear el cemento Inka con la adición de Sikaplast, alcanzando la cifra de S/ 630.55, lo cual fue superior en comparación con el costo asociado al uso del cemento Pacasmayo.

Factibilidad Técnica – Operativa

Factibilidad Operativa

Por medio del estudio se determinó el cemento comercial con el mejor rendimiento para la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en obras privadas, por lo que se evaluó operativamente la disponibilidad de los diferentes tipos de cemento en el mercado local y la

logística asociada a su adquisición y transporte hasta el lugar de la obra. Asimismo, se analizó la facilidad con la que los cementos comerciales se pueden mezclar y aplicar en el proceso constructivo, considerando la maquinaria y los métodos disponibles. Además, se la empresa proveedora aseguró que los cementos cumplen con las normativas y estándares locales, lo que es esencial para la aprobación de los proyectos y la garantía de calidad.

Inversión

Continuando con ello, se presentó ciertos montos de inversión considerados en la elaboración de este proyecto. Esto facilitará la descripción de un monto aproximado destinado a la elaboración del concreto ($210\text{kg}/\text{cm}^2$) con cementos Pacasmayo e Inka, detallando los gastos en recursos humanos, herramientas y materiales. Estos datos se encuentran especificados por medio de la siguiente tabla:

Tabla 10.

Cuadro de inversión

Descripción	Und de med	Cant	Costo	Total
Recurso humano				
Estudio de laboratorio LM CECONSE	UND	1	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00
Herramientas y materiales				
Cemento	BLS	7	S/ 29.00	S/ 203.00
Agregado fino	M3	1	S/ 60.00	S/ 60.00
Agregado grueso	M3	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Guantes	UND	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Movilidad	UND	10	S/. 8.00	S/.80.00
Inversión total				S/ 1,483.00

Nota. Elaboración propia.

Análisis de Resultados

Análisis del Costo – Beneficio

Se realizó la evaluación de costo-beneficio considerando una inversión por metro cúbico de concreto, tomando en cuenta los insumos esenciales como cemento, arena, grava y agua. En este análisis, se compararon los costos asociados con diferentes tipos de cemento comercial, como Pacasmayo e Inka. Por lo tanto, la Tabla 11 refleja que el costo del concreto con cemento Pacasmayo es de S/ 593.04, utilizando un total de 8.20m³ de cemento, 0.557m³ de arena natural, 0.692m³ de grava y 185lt de agua. En contraste, la inclusión del aditivo Sikaplast aumenta el costo en S/ 23.92.

Tabla 11.

Precios para 1m³ de mezcla en estado seco con cemento Pacasmayo

Por m ³ de concreto		Tipo de concreto f'c (kg/cm ²)			
Insumo	Und	210 (Tipo ICo) Pacasmayo	Precio (S/)	210 (Tipo ICo) Pacasmayo	Precio (S/)
Cemento	M3	8.20	S/ 237.80	8.20	S/ 237.80
Cemento	kg	348	S/ 237.80	348	S/ 237.80
AF (arena natural)	m ³	0.557	S/ 27.80	0.557	S/ 27.80
AG (grava TMN ¾")	m ³	0.692	S/ 55.36	0.692	S/ 55.36
Sikaplast 740PE	lt			1.45	S/ 23.93
Agua	lt	185	S/ 34.23	185	S/ 34.23
Total (S/)		S/ 593.04		S/ 616.96	

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, el empleo de cemento Inka para la preparación de concreto asciende a S/ 605.97. Según el diseño de mezcla, se requieren 8.40m³ de cemento, 0.550m³ de arena natural, 0.692m³ de grava y 185lt de agua. No obstante, al incorporar el aditivo Sikaplast, el costo aumentó en S/ 24.58 (ver Tabla 12).

Tabla 12.

Precios para 1m3 de mezcla en estado seco con cemento Inka

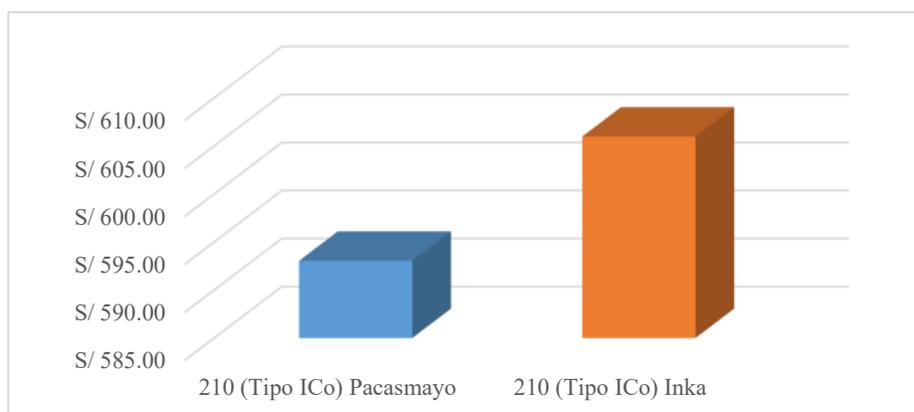
Por m3 de concreto		Tipo de concreto f'c (kg/cm2)			
Insumo	Und	210 (Tipo ICo) Inka	Precio (S/)	210 (Tipo ICo) Inka	Precio (S/)
Cemento	M3	8.40	S/ 244.44	8.40	S/ 244.44
Cemento	kg	357	S/ 244.44	357	S/ 244.44
AF (arena natural)	m3	0.550	S/ 27.80	0.550	S/ 27.80
AG (grava TMN ¾")	m3	0.692	S/ 55.36	0.692	S/ 55.36
Sikaplast 740PE	lt			1.49	S/ 23.93
Agua	lt	185	S/ 34.23	185	S/ 34.23
Total (S/)			S/ 605.97		S/ 630.55

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, conforme al diseño de mezcla, se prescribió una dosificación de 8.20 m3 para el cemento Pacasmayo y de 8.40 m3 para el cemento Inka, lo que incidió en el costo total. En consecuencia, se argumentó que el cemento Pacasmayo exhibió un rendimiento superior, así como un menor costo en comparación con otras marcas comerciales, tal como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Comparación de Costos entre el cemento Pacasmayo e Inka



Nota. Elaboración Propia

Beneficios de la Implementación

Los beneficios de la implementación de este proyecto permitieron brindar una solución a los problemas de análisis de la resistencia del concreto con la utilización de los cementos Pacasmayo e Inka ambos Tipo ICo, con una resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm², se aclararon las incertidumbres sobre la cantidad de bolsas de cemento utilizadas en la elaboración del concreto. Esto implicó evaluar los costos directos e indirectos asociados al uso de cementos comerciales. Esta investigación permitió identificar la marca de cemento más eficiente y que cumpla con las especificaciones técnicas peruanas.

Para las empresas contratistas, contaron con un análisis detallado de los costos asociados con cada tipo de cemento, facilitando la identificación de la opción mas económica, conduciendo a una reducción de costos en proyectos de construcción que utilizan el tipo de cemento más eficiente según el presente proyecto. Asimismo, proporcionó información precisa y detallada que respaldó la toma de decisiones informada en la selección de materiales de construcción,

Asimismo, contribuyó al avance continuo en la investigación y desarrollo de materiales de construcción, aportando a las futuras investigaciones y desarrollo de nuevos productos o métodos en la industria de la construcción.

Aportes más Destacables a la Institución

Se realizaron contribuciones significativas a la empresa de la siguiente manera:

Optimización de Costos: La investigación permitió identificar cuál de los cementos comerciales disponibles en el mercado resulta más económico para la elaboración de concreto con las especificaciones deseadas, ayudando a la empresa a optimizar sus costos de producción.

Mejora en la Selección de Materiales: Al conocer las propiedades y características de diferentes tipos de cemento, la empresa pudo tomar decisiones más informadas al seleccionar los materiales para sus proyectos de construcción, contribuyendo a la calidad y durabilidad de las estructuras.

Eficiencia en el Diseño de Mezclas: La investigación proporcionó información valiosa sobre cómo los diferentes tipos de cemento afectan las propiedades del concreto, facilitando el diseño de mezclas más eficientes, teniendo en cuenta la resistencia deseada y otros criterios específicos.

Cumplimiento de Normativas: La empresa pudo asegurarse de que los cementos utilizados cumplen con las normativas y estándares de calidad establecidos, siendo esencial para garantizar la seguridad y el rendimiento adecuado de las estructuras construidas.

Competitividad en el Mercado: Al utilizar cementos que cumplieron con los requisitos de resistencia y durabilidad, la empresa pudo destacar en el mercado por la calidad de sus construcciones, lo que se traduce en una mayor competitividad y una mejor reputación.

Tomar Decisiones Informadas: La información recopilada en la investigación permitió a la empresa tomar decisiones informadas y estratégicas en relación con la selección de materiales, procesos de producción y costos asociados.

Conclusiones

Las características físicas de los agregados destinados a la preparación de concreto fueron determinadas a través de ensayos de laboratorio. Respecto al agregado fino, se obtuvo un módulo de fineza de 2.85, absorción de 1.90%, peso específico de 2.739gr/cm³, PUS de 1562kg/m³ y PUC de 1714kg/m³. Asimismo, las propiedades del agregado grueso mostraron que el TMN fue de ¾”, absorción de 1.57%, abrasión de 22% y peso específico de 2.791gr/cm³. Por lo que, ambos tipos de agregados cumplen con los parámetros establecidos en la normativa, confirmando su idoneidad para ser utilizados en la elaboración de concreto.

El diseño de mezcla determinó que la dosificación para el concreto fabricado con el cemento Pacasmayo fue de 348kg de cemento, 0.557m³ de arena natural, 0.692m³ de grava y 185lt de agua. Asimismo, para el concreto con cemento Inka se empleó 357kg, 0.550 de arena natural, 0.692 de grava y 185lt de agua. Por el contrario, cuando se adicionó el superplastificante Sikaplast 740PE, se utilizó 1.45lt y 1.49lt para la dosificación del cemento Pacasmayo e Inka, respectivamente.

El costo por metro cúbico de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm², elaborado con cemento Pacasmayo e Inka, fue de S/ 593.04 y S/ 605.97, respectivamente. Se observó una reducción de costos al optar por el cemento Pacasmayo, siendo esta de S/ 23.92 en comparación con el cemento Inka. Por otro lado, la incorporación del aditivo Sikaplast incrementó el costo por metro cúbico de concreto, alcanzando los valores de S/ 616.96 y S/ 630.55 para los cementos Pacasmayo e Inka, correspondientemente

Recomendaciones

Se recomienda explorar otras canteras con el objetivo de identificar las variaciones que presentan al combinarse con los diferentes tipos de cemento de la zona de estudio, este enfoque permitirá establecer un diseño más eficiente para la mezcla de concreto.

Se recomienda llevar a cabo los ensayos de agregados cada vez que se realice un cambio de lote; aunque la procedencia sea la misma, las condiciones de uso, almacenamiento y transporte pueden variar, lo que podría afectar indirectamente las propiedades del concreto.

Se recomienda llevar a cabo un análisis detallado de costos y beneficios en relación con la utilización de ambos tipos de cemento. En el caso de cantidades considerables, estas diferencias de precios pueden ser significativas, permitiendo así una reducción efectiva de costos.

Referencias

- Abad, M., & Remache, M. (2023). *Análisis comparativo del comportamiento de mezclas de concreto permeable fabricado con diferentes tipos de cementos*. Universidad Católica de Cuenca. <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/e9517ddf-ee3d-4908-a858-53973e1322b2>
- Aristizábal, C., & González, J. (2021). Revisión de las medidas en pro de la eficiencia energética y la sostenibilidad de la industria del cemento a nivel mundial. *Revista UIS Ingenierías*, 20(3), 91-110.
<https://www.redalyc.org/journal/5537/553770600006/553770600006.pdf>
- ASOCEM. (2019). *Indicadores internacionales de cemento*. Lima: Asociación de Productores de Cemento. <https://lc.cx/7ViI2o>
- Ayuque, E. (2019). *Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cementos comerciales en la ciudad de Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica . <https://bitly.ws/33Wd9>
- Bhattacharyya, S., Akhtar, S., Chaudhuri, A., Mahanty, S., Chaudhuri, P., & Sudarshan, M. (2022). Affirmative nanosilica mediated approach against fungal biodeterioration of concrete materials. *Case Studies in Construction Materials*, 17.
<https://bit.ly/3JGQaj6>
- Calderón, S., Vélez, J., Rivadeneira, C., Calderón, H., & Guananga, N. (2021). Desarrollo de un método para aumentar las resistencias iniciales del cemento utilizando aditivos sintéticos en la molienda. *Dominio de las Ciencias*, 7(1), 458-482.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8385924>

- CAPECO. (2020). *CAPECO: Caída del sector Construcción podría reducirse por lo menos a la mitad, revela IEC*. <https://bitly.ws/33VgW>
- Chapoñan, C., & Manosalva, J. (2021). *Evaluación de la durabilidad del concreto utilizando cementos comerciales tipo – I de la ciudad Chiclayo, 2021*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115857>
- Cominato, V., Canteras, F., Gachet, L., & Lintz, R. (2022). The effect of granulometry of natural and recycled coarse aggregate on permeable concrete properties. *Materials Today: Proceedings*, 65(2), 1711-1718. <https://bit.ly/3pHBHwy>
- Gallegos, D. (2022). *Efecto de las Marcas Comerciales del Cemento Portland Tipo I en la Resistencia del Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Huancayo-2020*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4362>
- Gerson David Cordero E., Javier Alfonso Cárdenas G., Jhan Piero Rojas Suarez. (2022). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI*. Universidad Francisco de Paula Santander. Colecciones Academicas. ISBN 978-958-771-705-
<https://doi.org/10.22463/9789587717051>
- Hernández et al. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabí, Ecuador: Área de innovación y desarrollo S.L. <https://bit.ly/3b5kAxa>
- Hernández, A., & Cuetara, J. (2023). Evaluation of SonReb models for estimating compressive strength in cuban cement and aggregate concrete. *Revista ALCONPAT*, 13(1). <https://doi.org/10.21041/ra.v13i1.602>

- INEI. (2019). *Sector Construcción alcanzó la tasa más alta del año al crecer 8,94% en setiembre de 2017*. <https://bitly.ws/33Vg2>
- Jaimes, D., García, J., & Rondón, J. (2020). Importancia del concreto en el campo de la construcción. *Formación Estratégica*, 1(2), 1-13.
<https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/download/18/14>
- Kanagaraj, B., Anand, N., Paveen, B., Kandasami, S., Lubloy, E., & Naser, M. (2023). Physical characteristics and mechanical properties of a sustainable lightweight geopolymer based self-compacting concrete with expanded clay aggregates. *Developments in the Built Environment*, 13. <https://bit.ly/46rSHHM>
- Leal, R., & Echeverry, S. (2020). *Fluidez y resistencia a compresión de seis marcas de cemento de uso general*. Universidad Piloto de Colombia.
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7434/Proyecto%20de%20grado%20Fluidez%20y%20Resistencia%20de%20Cementos%20%2801-2020%29%20%281%29.pdf?sequence=1>
- Lizarzaburu , E., Noriega , L., Alegre , M., Gaspar , C., & Ostos , J. (2019). Finanzas y contabilidad en minería: Evaluación económica de la empresa Cementos Pacasmayo. *Actualidad Contable Faces*, 22(39), 9-49.
<https://www.redalyc.org/journal/257/25760520002/html/>
- Miao, L., & Jiao, C. (2021). Tortuosity quantification of fly ash concrete considering interfacial transition zone. *essential engineering knowledge*, 75(24), 17-23.
<https://doi.org/10.1680/jmacr.22.00277>
- Muciño, A., Guillén, C., Tahuiton, A., & Orozco, E. (2022). Influencia de la arena en la resistencia mecánica del mortero empleando diferentes marcas de cemento. *Ciencia*

ergo sum, 29(1), 1-19.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-

87822022000100153

Orozco, M., Avila, V., 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.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-

50732018000200161

PACASMAYO. (2020). Estructura corporativa. Lima, Perú: Repositorio Universidad de San Martín de Porres. <https://bitly.ws/33WvK>

Peña, C., & Solis, F. (2019). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto F'C: 210 kg/cm², utilizando cementos Pacasmayo, Mochica e Inka en la ciudad de Piura*. Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33650>

Periasamy, J., Silvlingam, S., Ponshanmugakumar, A., Jasmin, M., & Sheeba, G. (2023).

Experimental study on recycled coarse aggregate of concrete. Materials Today:

Proceedings. <https://bit.ly/3PED1uX>

Pöllmann, H., Snellings, R., & Valentini, L. (2022). Cement and Concrete—Past, Present, and Future. *Cement and Concrete: From the Romans to Mars*, 15(3), 3-8.

<https://www.elementsmagazine.org/cement-and-concrete-past-present-and-future/>

Rao, S., Pachialakshmi, S., Rath, B., Alharbi, S., Alfarraj, S., Praveenkumar, T., &

Gavurová, B. (2023). Utilization of agricultural, industrial waste and nanosilica as replacement for cementitious material and natural aggregates – Mechanical,

- microstructural and durability characteristics assessment. *Environmental Research*(231). <https://bit.ly/43cg8BW>
- RCE. (2021). Durabilidad de los hormigones fabricados con cementos resistentes al agua de mar expuestos a los ambientes marinos. *Tecnología de la construcción*, 9(4).
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/76417320/368_C_9025_Durabilidad_20de_20los_20hormigones-libre.pdf?1639594072=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDurabilidad_De_Los_Hormigones_Fabricados.pdf&Expires=1701876487&Signature=LHljSUtkcc1t-Ay
- Rodriguez, M. (2023, Enero 31). Capeco: protestas producirán contracción del sector construcción por algo más de 3% este año. *El Comercio*.
<https://elcomercio.pe/economia/capeco-protestas-produciran-contraccion-del-sector-construccion-por-algo-mas-de-3-este-ano-noticia/>
- Rosenblueth, A. (2018). *El método científico*. Fournier, S.A.
<https://biblioteca.xoc.uam.mx/docs/tid/rosenblueth.pdf>
- Santamaria, j., Adame, B., & Bermeo, C. (2021). Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen. *Revista Digital Novasinerгия*, 4(1), 91-101.
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542021000100091
- Serkan, M., Katman, H., Khain, J., & Das, N. (2022). Workability, Strength, Modulus of Elasticity, and Permeability Feature of Wheat Straw Ash-Incorporated Hydraulic Cement Concrete. *Buildings*, 4(2), 4-9.
https://www.researchgate.net/publication/362889157_Workability_strength_modulu

s_of_elasticity_and_permeability_feature_of_wheat_straw_ash-
incorporated_hydraulic_cement_concrete

Solís, & Alcolcer. (2019). Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción.

Ingeniería, investigación y tecnología, 20(4). <https://bitly.ws/ZHzr>

Valdivia, G. (2023). *Producción, inversión y empleo en construcción entran a un segundo*

semestre crítico. CAPECO. <https://bitly.ws/33Vcq>

Wang, L., Tang, S., E, T., Li, W., & Gunasekara, C. (2022). Sustainable High-Performance

Hydraulic Concrete. *Sustainable*, 14(2), 1-3. <https://doi.org/10.3390/su14020695>

Wembw, J., Ngueyep, L., Moukete, E., Eslami, J., Pliya, P., Ndjaka, J., & Noumowe, A.

(2023). Physical, mechanical properties and microstructure of concretes made with

natural and crushed aggregates: Application in building construction. 7.

<https://bit.ly/44O3s5R>

Yang, L., An, X., & Du, S. (2021). Estimating workability of concrete with different

strength grades based on deep learning. *Measurement*, 186(4), 6-17.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224121009957>

Zambrano, L., Alava, R., Ruíz, W., & Menéndez, E. (2022). Aplicación de métodos de

curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón. *Gaceta*

Técnica, 23(1), 35-47. <http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1856->

[95602022000100035&script=sci_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1856-95602022000100035&script=sci_arttext)

zheng, L. (2022). Review on Research Progress of Hydraulic Concrete Materials. *SPECIAL*

CONTRIBUTION, 39(5), 1-9. <http://ckyyb.crsri.cn/EN/10.11988/ckyyb.20210637>

Zheng, Y., Fan, C. F., Ma, J., & Wang, S. (2023). Review of research on Bond–Slip of reinforced concrete structures. *Construction and Building Materials*, 385.

<https://bit.ly/44cjBSq>

Anexos

Anexo 1: Panel fotográfico

Figura 7

Elaboración de las briquetas o especímenes del concreto (Mezclado de Agregados y Cemento Tipo Ico) Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.



Nota. Elaboración Propia

Figura 8

Elaboración del Asentamiento Slump mediante el Cono de Abrahams con Cemento Pacasmayo



Nota. Elaboración Propia

Figura 9

Elaboración del Ensayo del Asentamiento Slump mediante el Cono de Abrahams con Cemento Inka



Nota. Elaboración Propia

Figura 10

Rotura de Probetas de Concreto



Nota. Elaboración Propia

Figura 12

Diseño de mezcla de concreto - $f'c$ 210 kg/cm² - Cemento Pacasmayo Tipo Ico con Aditivo Sikaplast.

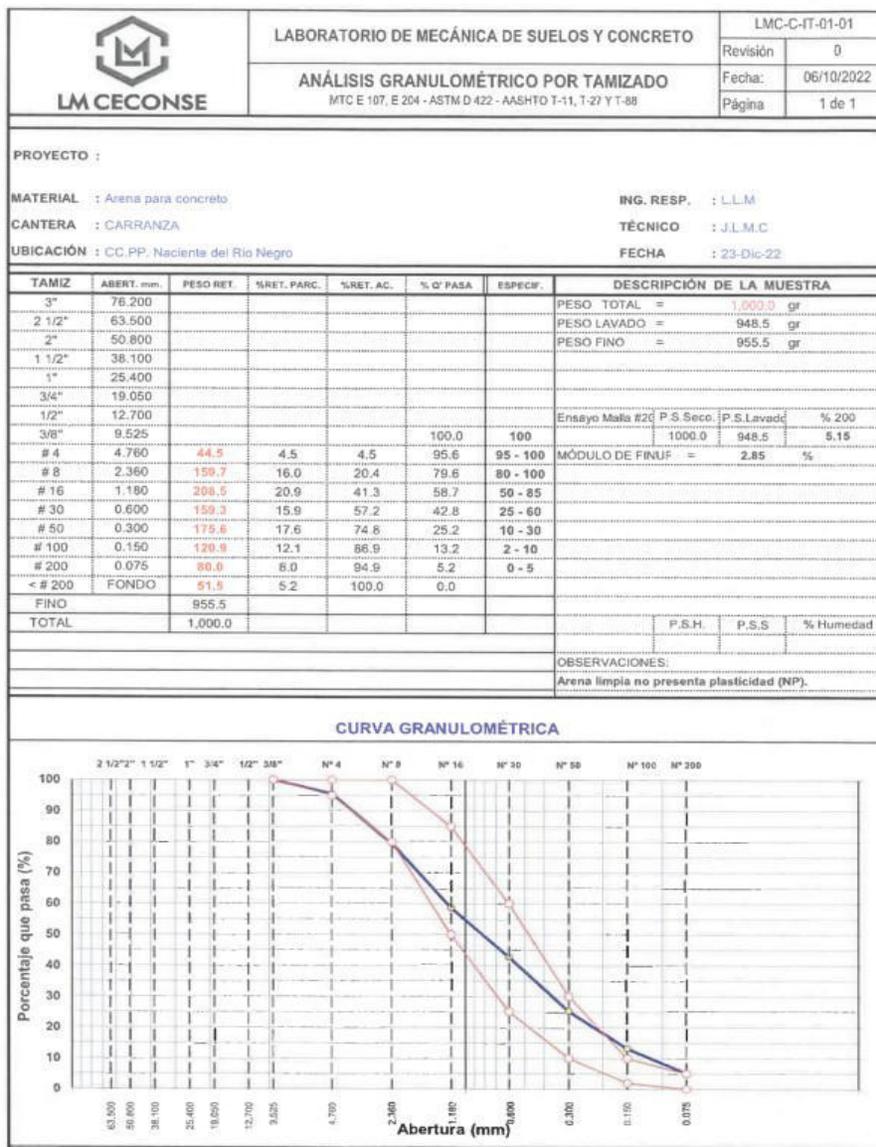
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - F'c 210 KG/CM2 - CEMENTO PACASMAYO TIPO ICO CON ADITIVO SIKAPLAST										
CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS				Valores de Diseño						
DEFINICION	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CEMENTO	Volumen Unitario de Agua T. 1.1	R a/c T. 1.3	Cemento	Aire atrapado ASTM C 131 (T.1.2)			
Peso específico kg/m ³	2650	2625	3110	185	0.53	348	2			
Peso Unitario Suelto	1562	1887	1501							
Peso Unitario Varilado	1714	1556								
Modulo de Fineza	2.85	6.93		Volumen Absolutos m ³ /m ³ de mezcla						
%Humedad Natural	6	1		Agua	Cemento	Aire	Pasta	Agregados		
%Absorción	1.9	1.57		0.185	0.112	0.02	0.317	0.683		
Tamaño Max. Nominal		3/4"		Relacion Agregados en mezcla ag. Fino / ag. Grueso (%)				46%	54%	
Contenido de agregado grueso	Volumen absoluto de agregados									
0.62			Fino	46.19%	0.315	m ³	836	kg/m ³		
965	m ³	0.683	Grueso	53.81%	0.368	m ³	965	kg/m ³		
Pesos de los elementos kg/m ³ de mezcla			Contenido de agua en los agregados			Peso de Bolsas de Cemento				
Elementos	Secos	Corregidos	Agregado fino	34.27	8.20					
Cemento	348.4	348.4	Agregado grueso	-5.5						
Ag. Fino	836	870.2	Agua libre	28.8						
Ag. Grueso	964.7	959.2	Agua efectiva	156.2						
Agua	185	156.2	Volumenes aparentes con humedad natural							
Aditivo 1	1.45	1.45		cemento	fino	grueso	Agua(lt)	Aditivo (lt)	Aditivo (lt)	
Aditivo 2	0	0		En m ³	0.232	0.557	0.692	156.2	1.45	0
Colada kg/m ³	2336	2336		En pie 3	8.2	19.7	24.42	156.2	1.45	0
Relacion R = a/c										
a/c diseño			0.53							
a/c efectivo			0.45							
Tanda de Diseño 25 lts										
Cemento 8.71 kg										
Agregado Fino 21.76 kg										
Agregado Grueso 23.98 kg										
Agua 3.91 kg										
Aditivo 1 36.29 gr										
Aditivo 2 .gr										
RESULTADOS FINALES DE DISEÑO										
(humedo), por kg de cemento	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (lt)	Aditivo (gr)	Aditivo (gr)				
	1	2.5	2.8	0.45	4.5	0				
(humedo), por kg de cemento	Cemento (bol)	Ag. Fino (pie)	Ag. Grueso (pie)	Agua (lt)	Aditivo (ml)	Aditivo (ml)				
	1	2.4	3	19.1	177.1	0				

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Anexo 3: Caracterización Físico Mecánico del agregado fino / Cantera Carranza

Figura 15

Análisis Granulométrico por Tamizado



LM CECONSE E.I.R.L.
 Luis Lange Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Figura 16*Cantidad de Material Fino que Pasa el tamiz (N°200)*

 LM CECONSE	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO	LMC-C-IT-01-01	
	CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ (N° 200), ASTM C 117, AASHTO T11, MTC E 202 - 2000	Revisión	0
		Fecha:	06/10/2022
		Página	1 de 1

PROYECTO :
MATERIAL : Arena para concreto
CANTERA : CARRANZA
UBICACIÓN : CC.PP. Naciente del Rio Negro

ING. RESP. : L.L.M
TÉCNICO : J.L.M.C
FECHA : 23-Dic-22

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA MALLA N°200 (ASTM C-117 / MTC E202-2000)	
N° TARRO	-
PESO TARRO + SUELO SECO (gr.)	1000.0
PESO TARRO + SUELO SECO (LAVADO N°200) (gr.)	948.5
PESO DEL TARRO (gr.)	0.0
PERDIDA DE SUELO QUE PASA N°200 (gr.)	51.5
% DE MATERIAL QUE PASA N°200 (%)	5.15

Observaciones :



Luis López Mendoza
 ING. CIVIL. CIP N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Figura 17

Peso Unitario de los Agregados Finos

 LM CECONSE		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		LMC-C-IT-01-01	
		PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS <small>MTC E 203 - ASTM C 29 - AASHTO T-19</small>		Revisión	0
PROYECTO : MATERIAL : Arena para concreto CANTERA : CARRANZA UBICACIÓN : CC.PP. Naciente del Río Negro				Fecha:	06/10/2022
				Página	1 de 1
AGREGADO FINO					
PESO UNITARIO SUELTO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	6154	6159	6158	
Peso del recipiente	(gr)	1737	1737	1737	
Peso de la muestra	(gr)	4417	4422	4421	
Volumen	(cm ³)	2830	2830	2830	
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1561	1563	1562	
Peso unitario suelto prom.	(kg/m ³)	1562			
PESO UNITARIO VARILLADO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	6585	6590	6588	
Peso del recipiente	(gr)	1737	1737	1737	
Peso de la muestra	(gr)	4848	4853	4851	
Volumen	(cm ³)	2830	2830	2830	
Peso unitario compactado	(kg/m ³)	1713	1715	1714	
Peso unitario compact. prom.	(kg/m ³)	1714			
OBS.:					



Luis López Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Figura 18

Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		LMC-C-IT-01-01		
	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (MTC E-205, ASTM C-128, AASHTO T-84)		Revisión	0	
			Fecha:	06/10/2022	
		Página		1 de 1	
PROYECTO : MATERIAL : Arena para concreto CANTERA : CARRANZA UBICACIÓN : CC.PP. Naciente del Rio Negro					
ING. RESP. : L.L.M TÉCNICO : J.L.M.C FECHA : 23-Dic-22					
DATOS DE LA MUESTRA					
AGREGADO FINO					
A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	662.4	662.5		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1162.4	1162.5		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	977.27	977.36		
E	Volumen de masa + volumen de vacio = C-D (cm3)	185.1	185.14		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	490.7	490.67		
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	175.8	175.81		
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.650	2.650		PROMEDIO 2.650
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.701	2.701		2.701
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.791	2.791		2.791
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.901	1.901		1.90%
OBSERVACIONES:					



Luis López Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Figura 19

Equivalente de Arena

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		LMC-C-IT-01-01	
		EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176		Revisión	0
				Fecha:	06/10/2022
				Página	1 de 1
PROYECTO					
MATERIAL	Arena para concreto	ING. RESP. L.L.M			
CANTERA	CARRANZA	TÉCNICO : J.L.M.C			
UBICACIÓN	CC.PP. Naciente del Rio Negro	FECHA : 23-Dic-22			
MUESTRA	Arena para concreto	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación		11:10	11:12	11:14	
Hora de salida de saturación (más 10')		11:20	11:22	11:24	
Hora de entrada a decantación		11:22	11:24	11:26	
Hora de salida de decantación (más	26.39	11:42	11:44	11:46	
Altura máxima de material fino	32.02	5.10	5.15	4.90	
Altura máxima de la arena	173.64	3.90	4.10	3.85	
Equivalente de arena	%	77	80	79	
Equivalente de arena promedio	%	78.7			
Resultado equivalente de arena	%	79			
Observaciones:					



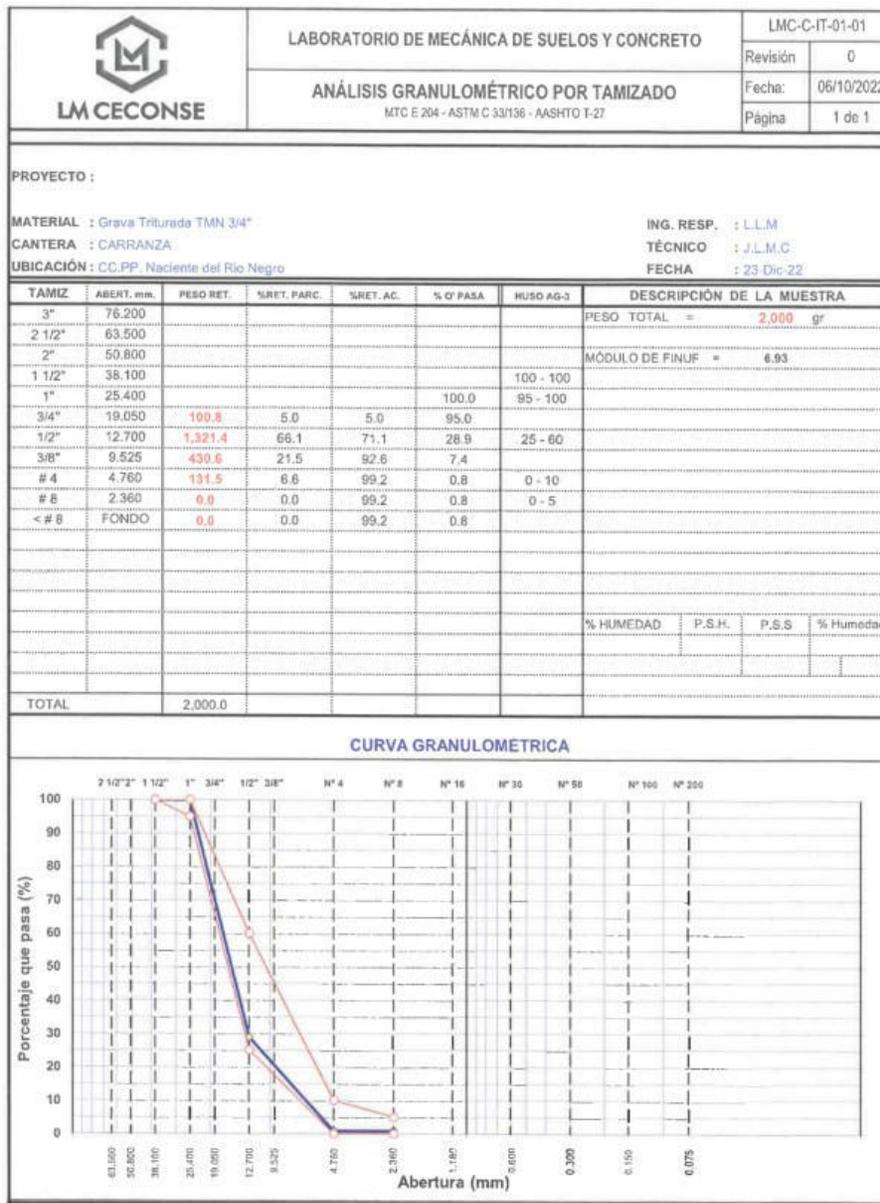
 Luis López Mendoza
 ING. CIVIL C.P. N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Anexo 4: Caracterización Físico Mecánico del Agregado Grueso / Cantera Carranza

Figura 20

Análisis Granulométrico por Tamizado




Luis Lopez Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Figura 21

Peso Unitario del Agregado Grueso

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		LMC-C-IT-01-01	
		PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS		Revisión	0
		MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19		Fecha:	06/10/2022
				Página	1 de 1
PROYECTO :		"CONCRETERA ALTO MAYO"			
MATERIAL	: Grava Triturada TMN 3/4"			ING. RESP. : L.L.M	
CANTERA	: CARRANZA			TÉCNICO : J.L.M.C	
UBICACIÓN	: CC.PP. Naciente del Rio Negro			FECHA : 23-Dic-22	
AGREGADO GRUESO					
PESO UNITARIO SUELTO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	5665	5660	5662	
Peso del recipiente	(gr)	1737	1737	1737	
Peso de la muestra	(gr)	3928	3923	3925	
Volumen	(cm ³)	2830	2830	2830	
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1388	1386	1387	
Peso unitario suelto promedio	(kg/m³)	1387			
PESO UNITARIO VARILLADO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	6207	6208	6005	
Peso del recipiente	(gr)	1737	1737	1737	
Peso de la muestra	(gr)	4470	4471	4268	
Volumen	(cm ³)	2830	2830	2830	
Peso unitario compactado	(kg/m ³)	1580	1580	1508	
Peso unitario compactado promedio	(kg/m³)	1556			
OBS.:					

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse

Figura 22

Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		LMC-C-IT-01-01	
	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (MTC E-206, ASTM C-127, AASHTO T-85)		Revisión	0
		Fecha:	06/10/2022	
		Página	1 de 1	
PROYECTO:				
MATERIAL : Grava Triturada TMN 3/4"			ING. RESP. : L.L.M	
CANTERA : CARRANZA			TÉCNICO : J.L.M.C	
UBICACIÓN: CC.PP. Naciente del Rio Negro			FECHA : 23-Dic-22	
DATOS DE LA MUESTRA				
AGREGADO GRUESO				
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	2000.0	2000.0	
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	1250.0	1250.0	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)	750.0	750.0	
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1969.0	1969.0	
E	Volumen de masa = C- (A - D) (cm ³)	719.0	719.0	
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.625	2.625	PROMEDIO 2.625
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.667	2.667	2.667
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.739	2.739	2.739
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.574	1.574	1.57%
OBSERVACIONES:				





Luis Lopez Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse.

Figura 23

Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles)

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		LMC-C-IT-01-01	
	ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES) MTC E 207 - ASTM C-131, 535 - AASHTO T-96		Revisión	0
			Fecha:	06/10/2022
			Página	1 de 1
PROYECTO : : : MATERIAL : Grava Triturada TMN 3/4" ING. RESP. : L.L.M CANTERA : CARRANZA TÉCNICO : J.L.M.C UBICACIÓN : CC.PP. Naciente del Río Negro FECHA : 23-Dic-22				
Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"		2500.0		
1/2" - 3/8"		2500.0		
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total		5000.0		
(%) Retenido en la malla N° 12		3888.7		
(%) Que pasa en la malla N° 12		1111.3		
N° de esferas		11		
Peso de las esferas (gr)		5000 ± 25		
% Desgaste		22.2%		
OBSERVACIONES :				


 Luis Lopez Mendoza
 ING. CIVIL CIP. N° 75233
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO

Nota. Elaboración Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto LM Ceconse.