

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EFICACIA DEL DISEÑO DEL CONCRETO CONVENCIONAL $f'_c =$
210 Kg/cm² EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A 4315**

M.S.N.M., MACUSANI-2015

PRESENTADO POR:

WILLIAN HIDELBERTO RUELAS GOMEZ

**PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

JULIACA-PERU

2015

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo en que escribía esta tesis.

A mis padres quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clases a ellos que continuaron depositando sus esperanzas en mí.

AGRADECIMIENTO.

Primeramente agradezco a la Universidad ALAS PERUANAS por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día. Agradezco también a mi Asesor de plan Tesis el por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis. También agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

RESUMEN

En la presente tesis “Eficacia del diseño de mezcla del concreto convencional $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en la resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m., Macusani-2015”, cuyo objetivo es determinar la eficacia del diseño de mezcla del concreto convencional, utilizando hormigón como agregado global del concreto, basados en dosificaciones del diseño de mezcla en laboratorio para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y el patrón del diseño factorial 2^k centrado rotacional, cuyos niveles de resistencia de los tratamientos (probetas) se obtuvieron a edades de curado de 7, 14 y 28 días, determinando la eficacia del diseño de mezcla elaborado en laboratorio con el procedimiento del Instituto Americano del Concreto (ACI) y verificando la existencia de la diferencia significativa de los tratamientos. Los niveles de resistencia obtenidos a los 28 días de curado se analizaron mediante el ANOVA (análisis de varianza) y el estadístico de prueba F para probar las hipótesis de estudio planteado, a su vez se utilizó la metodología de superficie de respuesta, que aplica el diseño experimental factorial 2^k centrado rotacional, considerando como variables de estudio al hormigón y el slump. Se obtuvieron niveles de resistencia superiores a 300 Kg/cm^2 e inferiores a 150 Kg/cm^2 en algunos tratamientos, mientras que otros tratamientos estuvieron con niveles de resistencia alrededor de los 210 Kg/cm^2 , con lo que se concluye que las hipótesis planteadas fueron correctas con un valor-P menor a 0.05 y el diseño de mezcla es eficaz; como aporte de la investigación es la generación de la ecuación de regresión en base a los niveles de resistencia obtenidos que nos permite predecir las dosificaciones y conocer la resistencia a obtener utilizando hormigón como agregado global en la preparación del concreto.

Palabras clave: Eficacia del diseño de mezcla, niveles de resistencia a la compresión, metodología de superficie de respuesta, diseño experimental factorial 2^k centrado rotacional, hormigón, slump.

ABSTRACT

In this thesis "Design effectiveness conventional concrete mix $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ on concrete strength at 4315 meters above sea level, Juliaca-2015", which aims to determine the effectiveness of the design of conventional concrete mixture, using small stones of river and sand as global aggregate of concrete, dosages based in laboratory mix design for $f'c = 210 \text{ Kg / cm}^2$ and the 2^k factorial design pattern centered rotational, whose resistance levels of treatment (samples) were obtained at ages curing of 7, 14 and 28 days, determining the effectiveness of the mix design developed in the laboratory to the procedure of American Concrete Institute (ACI) and verifying the existence of the significant difference in treatments. Resistance levels obtained at 28 days of curing were analyzed by ANOVA (analysis of variance) and the F test statistic to test the study hypothesis raised and the response surface methodology, applying 2^k factorial experimental rotational focused design was used considering as variables of study the small stones of river and sand, and slump. Higher levels of 300 Kg/cm^2 resistance were obtained and less than 150 Kg/cm^2 in some treatments, lie other treatments were with resistance levels around 210 Kg/cm^2 , which concludes that the assumption hypothesis made were correct with a p-value less than 0.05 and the mix design is effective; as contribution of research is the generation of the regression equation based on the strength levels obtained that allows us to predict the dosages and meet resistance obtained using small stones of river and sand as global aggregate in the preparation of concrete.

Keywords: Effectiveness mix design, levels of compressive strength, response surface methodology, 2^k factorial experimental rotational focused design, small stones of river and sand, slump.

ÍNDICE

<i>DEDICATORIA</i>	III
<i>AGRADECIMIENTO</i>	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE SÍMBOLOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	15
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	15
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL	17
1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL	17
1.2.3. DELIMITACIÓN SOCIAL	17
1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL	18
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.3.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	19
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	19
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	20
1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE	20
1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
1.7. VIABILIDAD	21

1.7.1.	VIABILIDAD ECONÓMICA	21
1.7.2.	VIABILIDAD TÉCNICA	21
1.7.3.	VIABILIDAD OPERATIVA.....	22
1.8.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.8.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.8.1.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
1.8.1.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.8.2.	DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	23
1.8.2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	23
1.8.2.2.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	25
1.9.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.9.1.	POBLACIÓN.....	25
1.9.2.	MUESTRA	26
1.10.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
1.10.1.	TÉCNICAS	26
1.10.2.	INSTRUMENTOS.....	26
1.11.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
CAPITULO II		31
2.	MARCO TEORICO	31
2.1.	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
2.2.	BASES TEÓRICAS	35
2.2.1.	EL CONCRETO.....	35
2.2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO.....	36
2.2.3.	COMPONENTES DEL CONCRETO.....	37
2.2.3.1.	LOS AGREGADOS	37
2.2.3.1.1.	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	41
2.2.3.1.2.	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.....	42
2.2.3.1.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	43
2.2.3.1.4.	EL MODULO DE FINURA	45
2.2.3.1.5.	LA SUPERFICIE ESPECÍFICA	46
2.2.3.2.	EL CEMENTO.....	48
2.2.3.3.	EL AGUA.....	50
2.2.4.	RESISTENCIA DEL CONCRETO	51
2.2.5.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	52

2.2.6.	DIAGRAMA ESFUERZOS VS DEFORMACIÓN.....	53
2.2.7.	MODULO DE ELASTICIDAD.....	53
2.3	ESTUDIO TEÓRICO DEL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL	54
2.3.1	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	55
2.3.2	DISEÑO Y DOSIFICACIÓN.....	56
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	59
CAPITULO III		66
3	PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
3.1	PROPUESTA TÉCNICA	66
3.1.1	MATERIALES.....	69
3.1.1.1	AGREGADO GLOBAL	69
3.1.1.2	PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GLOBAL	69
3.1.1.3	CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 – ASTM C 566).....	71
3.1.1.4	GRANULOMETRIA (NTP 400.12 – ASTM C 136).....	72
3.1.1.5	AGREGADO GLOBAL (NTP 400.037)	73
3.1.1.6	AGUA (NTP 339.088 – ASTM C 1602 / C 1602 M).....	74
3.1.1.7	CEMENTO (NTP 334.009 – ASTM C-595).....	75
3.1.1.8	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO	75
3.1.1.9	DOSIFICACIÓN POR PESO Y VOLUMEN	77
3.1.2	EQUIPOS, Y PROCESO DE PREPARACION Y COLOCACIÓN	78
3.1.3	TRANSPORTE Y ROTURA DE LOS ESPECIMENES.....	79
CAPITULO IV		80
4	PRESENTACIÓN ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	80
4.1	PRESENTACIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.....	80
4.2	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	83
4.3	DISEÑO FACTORIAL 2 ^k CENTRADO ROTACIONAL.....	89
4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
CONCLUSIONES		95
RECOMENDACIONES.....		96
FUENTES DE INFORMACIÓN.....		97
ANEXOS		99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables.	21
Tabla N° 2: Matriz de diseño de pruebas.....	24
Tabla N° 3: Tabla de ANOVA	25
Tabla N° 4: Tamices Estándar ASTMCC.....	45
Tabla N° 5: Fórmulas para el cálculo del módulo de finura y la superficie específica para varios tipos de granulometrías.	48
Tabla N° 6: Dosificación para ensayo NX1 y NX2.....	67
Tabla N° 7: Dosificación para ensayo NX3 y NX4.....	67
Tabla N° 8: Dosificación para ensayo NC1 y NC2.....	68
Tabla N° 9: Dosificación para ensayo NC3 y NC4.....	68
Tabla N° 10: Dosificación para ensayo NF1 y NF2.	68
Tabla N° 11: Dosificación para ensayo NF3 y NF4.	68
Tabla N° 12: Resumen de las propiedades físicas del agregado global.	72
Tabla N° 13: Distribución granulométrica del agregado global.....	73
Tabla N° 14: Granulometría para el agregado global.	74
Tabla N° 15: Dosificación del diseño de mezcla.....	77
Tabla N° 16: Niveles de Resistencia a los 28 días para NC1, NC2, NC3 y NC4....	80
Tabla N° 17: Niveles de Resistencia a los 28 días para NF2, NF1, NF3, NF4, NX3, NX4, NX2 y NF1.	81
Tabla N° 18: Niveles de Resistencia por Objetivos Específicos.....	82
Tabla N° 19: Resumen de resultados de compresión de las briquetas.	82
Tabla N° 20: Análisis de Varianza para Resistencias por Ensayos.	85
Tabla N° 21: Resumen Estadístico.	86
Tabla N° 22: Tabla ANOVA de los tratamientos.....	87
Tabla N° 23: Comparación múltiple de tratamientos.....	87
Tabla N° 24: Prueba de Kruskal-Wallis.....	88
Tabla N° 25: Análisis de Varianza para Y (Niveles de Resistencia).....	89
Tabla N° 26: Coeficiente de regresión para Y (Niveles de Resistencia).....	90
Tabla N° 27: Ficha de registro de resultados de laboratorio.	99
Tabla N° 28: Operacionalidad de las variables.	100
Tabla N° 29: Matriz de proyecto de consistencia.....	101
Tabla N° 30: Resultados a la prueba de compresión a los 07 días.	114
Tabla N° 31: Resultados a la prueba de compresión a los 14 días.	115
Tabla N° 32: Resultados a la prueba de compresión a los 28 días.	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Disposición de la matriz de diseño de pruebas.....	24
Figura N° 2: Superficie específica en función del fraccionamiento y forma de partículas.	47
Figura N° 3: Patrón de distribución y codificación de los ensayos.....	67
Figura N° 4: Evolución de la resistencia mecánica de las briquetas.....	83
Figura N° 5: Dispersión de la muestra.....	88
Figura N° 6: Límites de decisión.	89
Figura N° 7: Efectos principales para Y.	91
Figura N° 8: Interacción para Y.	91
Figura N° 9: Superficie de respuesta estimada para Y.	92
Figura N° 8: Contornos de la superficie de respuesta.....	92
Figura N° 9: Distribución de los residuos.	93

ÍNDICE DE SÍMBOLOS

ACI: Instituto Americano del Concreto.

ASTM: Estandar Americano para la Prueba de Materiales.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

NTP: Norma Técnica Peruana.

ONG: Organismo No Governamental

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil.

PCM: Presidencia del Consejo de Ministros.

COER: Centro de Operaciones de Emergencia Regional.

MF: Módulo de Fineza.

GL: Grados de Libertad.

LSD: Diferencia Mínima Significativa.

LDS: Límite Superior de Decisión.

LC: Límite Central.

LDI: Límite Inferior de Decisión.

ANOVA: Análisis de Varianza.

MAE: Error Medio Absoluto.

INTRODUCCIÓN

La eficacia del diseño de mezcla para un $f'c=210$ kg/cm², preparado en un laboratorio, se puede probar llevando a la ejecución de la dosificación especificada. Al cabo de 28 días de curado se hace la rotura de las briquetas de prueba con los cuales se verifica si cumplen con la resistencia a la compresión especificada en el diseño previo.

Cuando se desconoce la eficacia de este tipo de diseños de mezcla, siguiendo una pauta del ACI y aplicados al hormigón como agregado global del concreto, se incurre en el alto costo que esto pueda generar por el exceso de material utilizado o por no cumplir con las resistencias mínimas de los elementos estructurales establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

En tiempos pasados se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que estos no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, en la actualidad se establece que siendo este material el que mayor porcentaje (aproximadamente el 60% - 80% del volumen) de participación tiene dentro de la unidad cubica de concreto, sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto, la influencia de los agregados en las propiedades del concreto tienen efectos importantes, no solo en el acabado y calidad final del concreto, sino, también sobre la trabajabilidad y consistencia en estado plástico, así como la durabilidad y resistencia del concreto endurecido.

La mayor parte de los factores que influyen en los depósitos de agregados se relacionan a la historia geológica de la región, que incluyen el tamaño, forma, tipos y condiciones de roca; granulometría, grado de redondez y uniformidad de las partículas de los agregados.

En esta investigación en particular se estudia el comportamiento de la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto al hacer variar la cantidad de agregado (hormigón) y el slump, tal como sucede en la mayoría de

los casos donde no existe la presencia de un ingeniero civil en la dirección de la ejecución de las obras.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la mayoría de las construcciones donde intervienen concreto y acero (concreto reforzado) son realizados y dirigidos por los maestros de obra, obviando la intervención de un profesional especialista en la materia, así mismo las personas dedicadas a la preparación de la mezcla de concreto se basan en su propio criterio para realizar dicha mezcla, priorizando la trabajabilidad que tendrá el concreto, no respetando la dosificación de los diseños de mezcla de concreto realizados por un profesional especialista y más aún los encargados de la preparación de la mezcla de concreto alteran las muestras que se toman en situ para el control de calidad respectivo, haciendo que los resultados obtenidos sean satisfactorios; pero dichos resultados no representan en realidad la calidad del concreto en campo con la cual se está trabajando.

Esta mala práctica, genera serias deficiencias en las estructuras ante solicitaciones de las cargas externas generadas, por el hecho de no haber cumplido con las especificaciones técnicas estipulados en los proyectos y no tener la presencia de un personal responsable calificado

que certifique y garantice la calidad del concreto basado en un adecuado diseño de mezcla que garantice la seguridad de las estructuras y de esta manera poder evitar daños a la sociedad civil y el medio ambiente.

El arquitecto Jhon McAslan manifiesta que la calidad de las construcciones es mala en el país de Haití, no existiendo reglamentos de construcción reconocible; en la mayoría de las edificaciones son hechos a base de ladrillos o a base de bloques de cemento que resisten mal los terremotos. Por su parte el director de Appropriate Infrastructure Development Group (ONG) Peter Hass, manifiesta que la gente ahorra cemento para intentar reducir costos, añadiendo mucha agua, construyendo demasiado fino, así que terminas con una estructura inherentemente frágil. En noviembre del 2008, casi un centenar de personas en su mayoría niños murieron cuando dos colegios se derrumbaron, esto a consecuencia que estaba mal construido, según manifestaron las autoridades haitianas.

El sismo en el año 2007 en Pisco, provocó la muerte de 519 personas (336 en Pisco, 85 en Chincha y 71 en Ica), otras 1366 quedaron heridas, y 42 se encuentran en condición de desaparecidos. Por otro lado 56363 casas quedaron destruidas, según los reportes del Instituto Nacional de Defensa Civil-INDECI. Los principales motivos del desastre se deben a las edificaciones convencionales construidas sin cumplir con las normas antisísmicas E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones y la autoconstrucción sin dirección técnica.

En Puno con el objetivo de mejorar y reforzar las capacidades de preparación, organización y de respuesta de la ciudadanía en general para hacer frente a los embates de la naturaleza y los desastres inducidos; el Comité Regional de Defensa Civil en coordinación con INDECI, organizó el Simulacro de Sismo cumplido el día 27 de Junio del 2011; en virtud a la Resolución Ministerial N° 155-2011-PCM. La duración del Sismo fue de un minuto, cuyo epicentro se ubicó a 34

kilómetros al este de la ciudad de Puno (islas Taquile y Amantani), con magnitud de 7.5° en la escala de Richter. Según el reporte oficial del Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER), el Simulacro de Sismo dejó 1015 familias damnificadas, 15000 familias afectadas, 31 personas desaparecidas, 35 muertos, 70 heridos; 3432 viviendas afectadas, 265 viviendas destruidas, 28 centros educativos destruidos y 2.8 kilómetros de vías colapsadas.

1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El ámbito de la presente investigación está ubicado en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, Región Puno.

1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

La presente investigación se realizó a partir de Agosto del 2015 a Agosto del 2015, tiempo que permitió realizar: trabajos de campo, consistente en la preparación de las probetas de concreto para su evaluación; trabajos de laboratorio, consistente en la rotura de las probetas de concreto realizadas; procesamiento de datos, para la obtención de los resultados; análisis de los resultados y la presentación del borrador de tesis.

1.2.3. DELIMITACIÓN SOCIAL

La presente investigación se realizó con el hormigón proveniente de la cantera de la jurisdicción de Macusani de la ciudad de Macusani en la Región de Puno.

1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

El diseño de mezcla es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

La resistencia mecánica del concreto, que potencialmente puede desarrollar, depende de la resistencia individual de los agregados y de la pasta de cemento (cemento más agua) endurecida, así como, de la adherencia que se produce entre ambos materiales.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia del diseño de mezcla para el concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m., Macusani 2015?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo es el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. con la aplicación del diseño de mezcla de concreto convencional con hormigón para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015?.
- ¿Cómo es el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla de concreto convencional para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015?.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficacia del diseño de mezcla para concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. - Macusani 2015.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. con la aplicación del diseño de mezcla del concreto convencional con hormigón para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015.
- Conocer el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla del concreto convencional para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los diseños de mezcla para concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con hormigón varían significativamente su resistencia a 4315 m.s.n.m. - Macusani 2015.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.

- El nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. varia significativamente con la aplicación del diseño de mezcla

convencional con hormigón para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015.

- El nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. varia significativamente con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla del concreto convencional para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

En la presente investigación se tiene como variable independiente al *diseño de mezcla para concreto convencional $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$* , teniendo como indicadores a los siguientes componentes:

- Hormigón.
- Slump.

1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

En la presente investigación la variable dependiente es la *resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m.*, teniendo como indicador lo siguiente:

- Niveles de Resistencia.

1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de las variables se muestra en la siguiente tabla N° 1.

Tabla N° 1: Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO
VARIABLES INDEPENDIENTES (X) Diseño de mezcla para concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Hormigón.	Kg	Fichas de Registro de combinaciones
	Cemento (constante)	Kg	
	Slump	Pulg	
VARIABLES DEPENDIENTES (Y) Resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m.	Niveles de Resistencia.	kg/cm ²	Fichas de Registro de resultados de laboratorio

FUENTE: *Elaboración propia*

1.7. VIABILIDAD

1.7.1. VIABILIDAD ECONÓMICA

La ejecución de la presente investigación ascendió alrededor de S/. 9,442.00, cuyo monto, en su totalidad fue asumido por el investigador, por lo tanto la presente investigación desde el punto de vista económico fue viable.

1.7.2. VIABILIDAD TÉCNICA

El proceso constructivo y la certificación de las pruebas en laboratorio están contemplados en la normatividad del Reglamento Nacional de Edificaciones, ACI (American Concrete Institute) y ASTM (American Standard for Testing Materials), los

cuales le confieren a la presente investigación la viabilidad técnica.

1.7.3. VIABILIDAD OPERATIVA

Para la realización de la presente investigación, en el medio local se tiene todos los recursos necesarios y el talento humano disponible, lo cual fue muy importante para obtener las metas de la presente investigación, confiriéndole a la misma la viabilidad operativa.

1.8. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

1.8.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es tipo cuantitativa, porque a través de este enfoque se pretende, tratar mediante herramientas estadísticas las magnitudes numéricas de las variables, cuyo modelo matemático es el cuadrático completo.

Asimismo el propósito del presente estudio es de tipo de investigación aplicada, que tiene por finalidad demostrar la validez de la utilización del hormigón como agregado para la preparación del concreto.

Por las características de la investigación, es de naturaleza experimental, consistente en la manipulación de diferentes factores por el investigador en condiciones rigurosamente controladas, con la finalidad de descubrir los efectos que estos puedan producir en la calidad del concreto. Usando el tipo de datos de corte retrospectivo, lo

que permitirá definir los efectos de las variables, después de las pruebas realizadas.

1.8.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Nuestro nivel de investigación es explicativo, en el cual las muestras a estudiar, se dividieron en forma aleatoria en grupos de estudio, y fueron analizados con respecto a dos factores y dos niveles; que introducimos para estudiar y evaluar, siguiendo el procedimiento experimental.

1.8.2. DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

1.8.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Antonio Bueno Lazo (2003). Manifiesta que al plantear un diseño experimental lo que en realidad se hace, es generar cambios deliberados en una o unas variables de entrada a un proceso con el fin de observar cual es el cambio en la variable de salida.

En la presente investigación se usó el diseño factorial 2^k centrado rotacional, en el cual se evaluó los resultados en base a la influencia de dos factores ($k= 2$ variables independientes - hormigón y Slump (asentamiento)), y dos niveles (alta representado por “1” y baja representado por “-1”), cuyo modelo matemático se puede ajustar a la siguiente forma:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ij} X_i X_j$$

Tabla N° 2: Matriz de diseño de pruebas

ENSAYOS O TRATAMIENTOS	X1	X2
NF2	-1	-1
NF1	-1	1
NF3	1	-1
NF4	1	1
NC1	0	0
NC2	0	0
NC3	0	0
NC4	0	0
NX2	0	-1.414
NX1	0	1.414
NX3	-1.414	0
NX4	1.414	0

FUENTE: *Antonio Bueno Lazo (2003)*

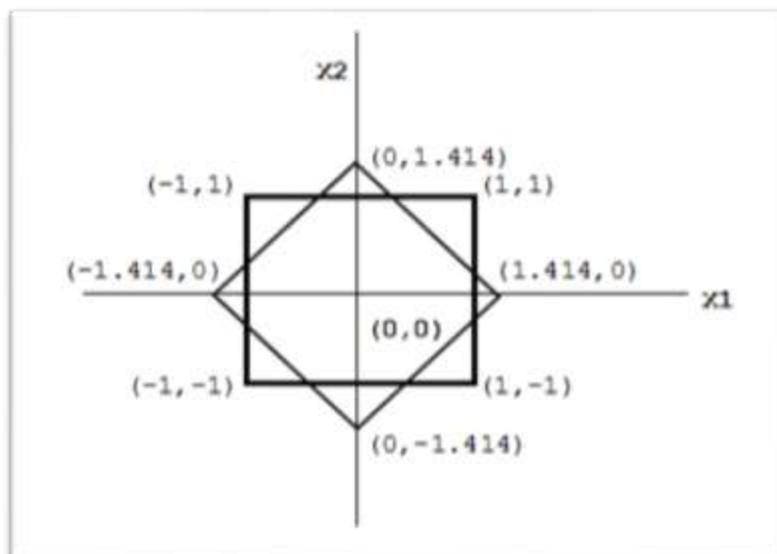


Figura N° 1: Disposición de la matriz de diseño de pruebas

Para la validación de nuestra hipótesis se usó prototipos de evaluación (briquetas), en la cual conocimos la influencia de los factores de estudio (hormigón y slump (asentamiento)) en la variable dependiente (resistencia a la compresión del concreto); a través de la aplicación del ANOVA (Análisis de Varianza), que es una técnica de evaluación estadística, que se basa en los errores de acuerdo a la tabla generada.

Tabla N° 3: Tabla de ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad (Df)	Suma de cuadrados (SS)	Media de cuadrados (MS)	F experimental
Tratamientos	Uno por coeficiente	SSr	SSr/Dfr	MSr/MSe
Error	Total-Tratamientos	SSe	SSe/Dfe	
Total	Datos-1	SSt		

FUENTE: *Antonio Bueno Lazo (2003)*

1.8.2.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación, corresponde a un método experimental, que ha sido uno de los que más resultados han dado.

1.9. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.9.1. POBLACIÓN

En la presente investigación, nuestra población de estudio son los concretos elaborados con las canteras existentes de hormigón de la ciudad de Macusani.

1.9.2. MUESTRA

En la presente investigación, nuestra muestra de estudio fue el concreto elaborado con el hormigón proveniente de la cantera jurisdicción de Macusani, cuya ubicación está en las coordenadas Norte: 8291402 y Este: 372294.

Se prepararon 72 muestras de briquetas de concreto para ser analizadas y sometidas a compresión simple en la presente investigación.

1.10. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.10.1. TÉCNICAS

- Ensayos de laboratorio.

En la presente investigación, se utilizó la técnica documental y la técnica de campo, la primera técnica se usa para la recopilación de información que sustente el estudio que se realizó; la segunda técnica está referida a la observación en contacto directo con el objeto de estudio.

Las muestras para ser ensayadas se prepararon conforme lo establece el diseño de mezcla realizado en laboratorio y las combinaciones en las dosificaciones de los materiales del concreto conforme al matriz de diseño de las pruebas para el diseño central compuesto mostrado en la Tabla N° 2.

1.10.2. INSTRUMENTOS

- Fichas de registro.
- Certificados de laboratorio.

En la presente investigación, los instrumentos que validan los resultados, son las certificaciones del laboratorio de las pruebas que se realizaron.

Se aplicaron los ensayos de laboratorio, concerniente en la rotura de las briquetas cuyos resultados nos dan la resistencia a compresión del concreto y estas fueron evidenciadas en una cámara fotográfica.

1.11. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

a) JUSTIFICACIÓN

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura).

Uribe (1991), señalo que la forma de los agregados tienen incidencia sobre la trabajabilidad del concreto fresco y que las que mayor problema pueden generar son las partículas conocidas como piezas planas y alargadas, debido a que provocan disminución en la trabajabilidad porque se orientan en un solo plan, de manera que el agua y los espacios porosos pueden acumularse debajo de ellas.

Kosmatka y Panarese (1992), dieron a conocer que la granulometría y el tamaño máximo del agregado para las gravas afectan las porciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, la economía y

durabilidad del concreto. Cuando los agregados son muy gruesos, pueden producir mezclas rígidas; mientras que los agregados que no poseen una gran deficiencia o exceso de algún tamaño y tienen una curva granulométrica suave, producirán resultados más satisfactorios en las propiedades del concreto fresco.

Ozturan y Cecen (1997), señalan que la textura superficial de los agregados es principal responsable de la adherencia. La roca triturada produce una adherencia superior comparado con la grava de canto rodado, dando como resultado que los concretos fabricados con agregados triturados resistieron más que los de canto rodado en un 10% a 20%.

En esta investigación en particular se estudió el comportamiento mecánico del concreto elaborado con hormigón proveniente de la cantera jurisdicción de Macusani. Así mismo su influencia al variar la cantidad de la misma en la preparación del concreto y su correspondiente nivel de resistencia.

La cantera jurisdicción de Macusani tiene agregado global (hormigón), el cual es generalizado su uso por los constructores en edificaciones en la ciudad de Macusani, así mismo los proyectos consideran dicho material para la elaboración del concreto, motivo por el cual amerita un estudio más profundo concerniente a la dosificación de los materiales para el concreto.

b) IMPORTANCIA

En el presente trabajo de investigación se alcanzó a evaluar la calidad de los agregados para concreto, disponibles en la ciudad de Macusani, determinando si estos se mantienen dentro de los límites aceptables determinados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, así como la influencia de las variaciones en la dosificación de los agregados y se planteó a

nivel de diagnóstico, las causas y los efectos que estos pueden generar en la resistencia del concreto, todo esto a través de la experimentación y ensayos en el laboratorio.

Una vez obtenido el producto de la investigación, se conoció si el uso de los agregados (hormigón) es el adecuado para uso estructural y hasta que nivel se puede dar su aplicación.

Esta investigación mantiene la originalidad porque se desconoce estudios similares en la región Puno a 4315 m.s.n.m., sin embargo se ha masificado su uso del hormigón en la preparación del concreto.

Con la presente investigación se dio a conocer las resistencias a la compresión obtenidos a 4315 m.s.n.m. de las pruebas realizadas bajo condiciones típicas de la zona en estudio y las consecuencias a obtener por medio de este tipo de prácticas realizadas por el personal involucrado en la preparación del concreto.

c) LIMITACIONES

Las limitaciones en esta investigación fueron determinadas por la falta de conocimiento de datos importantes acerca de las características químicas en el hormigón, derivando que no se pueden conocer los efectos que estas características puedan causar sobre el concreto, estos ensayos no fue posible realizarlos por la insuficiencia de equipos de laboratorio y el alto costo que implica la elaboración de ensayos mineralógicos y petrográficos como: presencia de cloruros y sulfatos.

Otras de las limitantes con que se tuvo en la presente investigación es la falta de equipos para realizar otras pruebas al concreto y el costo elevado que implica realizarlos; es por ello que

se realizó la prueba más importante que es la resistencia mecánica del concreto a la compresión a los 28 días de curado según lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes. Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje (Palbol 1996).

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interfase entre éstos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.), pueden producir concretos de distintas resistencias (Özturan y Çeçen 1997).

Los agregados son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forman la mayor parte del volumen del material, se consideran componentes críticos en el concreto y tienen un efecto significativo en el comportamiento de las estructuras (Chan 1993).

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas y químicas de ellos, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente encuentran los ingenieros y los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados (Cerón et al. 1996).

La absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla. Si dos tipos de agregados tienen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en la consistencia de la mezcla, tales como forma, tamaño y graduación; ya que mientras mayor superficie del agregado sea necesario cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Una buena consistencia y manejabilidad de la mezcla se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un coeficiente bueno de forma, en donde las partículas son aproximadamente redondas (Alaejos y Fernández 1996). Por otro lado, si el contenido de cemento se incrementa, se afecta la consistencia del concreto; este incremento permite agregar más agua a la mezcla para mantener la relación agua/cemento. Por lo tanto, en algunas ocasiones puede ser necesario aumentar el contenido de cemento en la mezcla, buscando mejores consistencias para mezclas de concreto de resistencias no muy altas.

La forma de los agregados tiene incidencia sobre la trabajabilidad del concreto fresco. Las formas básicas de éstos se pueden simplificar en 4 tipos, que son: equidimensional o esférica, prismática, tabular o elíptica, e irregular. De todas éstas, la que mayor problema puede ocasionar para la trabajabilidad es aquella de tipo tabular que además está alargada (conocidas como piezas planas y alargadas); estas piezas pueden provocar disminución en la trabajabilidad ya que muy fácilmente pueden orientarse de manera preferencial en un solo plano, de manera que el agua y el espacio poroso pueden acumularse debajo de ellas. Además, gravas con esta forma ocasionan mayores requerimientos de arena, y eso hace necesario un incremento en el volumen de agua para la mezcla (Uribe 1991). Es deseable, entonces, que los agregados particularmente los gruesos tengan una forma un tanto angular y cúbica (Chan 1993).

Los agregados se pueden calificar por su forma, en base a su grado de redondez y esfericidad, obteniéndose una medida relativa de carácter comparativo y descriptivo. La manera como esta característica puede influir en el concreto fresco es variable, logrando producir, por ejemplo, a mayor grado de redondeamiento menor relación de vacíos; pero por otra parte un menor valor de este parámetro reduce la capacidad de compactación (Neville 1999).

Por otro lado, la granulometría y el tamaño máximo del agregado (TMA) para las gravas, afectan las porciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, la economía y la durabilidad del concreto. Cuando los agregados son muy gruesos, pueden producir mezclas rígidas; mientras que aquellos agregados que no poseen una gran deficiencia o exceso de algún tamaño y tienen una curva granulométrica suave, producirán resultados más satisfactorios en las propiedades del concreto fresco (Kosmatka y Panarese 1992).

En el agregado fino hay dos elementos que deben ser considerados, por un lado el módulo de finura (MF), y por el otro la continuidad en los tamaños, ya que algunas arenas pueden tener módulos de finuras aceptables (entre 2.2 y 3.1) y carecer de alguna clase granulométrica. Si consideramos únicamente el módulo de finura, pueden obtenerse dos condiciones desfavorables: una de ellas existe cuando el módulo de finura es mayor a 3.1 (arena gruesa), en donde puede ocurrir que las mezclas sean poco trabajables, faltando cohesión entre sus componentes y requiriendo mayores consumos de cemento para mejorar su trabajabilidad; la otra condición es cuando el módulo de finura es menor a 2.2 (arena fina), en este caso puede ocurrir que los concretos sean pastosos y que haya mayores consumos de cemento y agua para una resistencia determinada, y también una mayor probabilidad que ocurran agrietamientos de tipo contracción por secado (Uribe 1991). Por último, en el agregado grueso un contenido excesivo de materiales finos puede provocar problemas similares en el concreto a los que suele causar una arena con un módulo de finura menor a 2.2. Por medio de la prueba de pérdida por lavado se puede determinar este contenido, cuyo resultado se expresa como un porcentaje de la muestra.

De igual manera, Ozturan y Cecen (1997), desarrollaron un trabajo de investigación titulado “Influencia de los Agregados en el Concreto en Estado Endurecido”. En la misma señalaron que la textura superficial de los agregados es principalmente responsable de la adherencia. La roca triturada produce una adherencia superior comparado con la grava de canto rodado; aunque en la adherencia también tiene influencia la relación agua cemento que afecta tanto física como químicamente en la zona de interface. Dando como resultado en la investigación que concretos fabricados con agregados triturados resistieron más que los de canto rodado; el esfuerzo de compresión a los 28 días para los concretos hechos con agregados gruesos de grava redonda estuvo entre el 10 y 20 por ciento más bajos que los concretos preparados con agregados triturados. Lo anterior puede ser atribuido tanto a la superficie lisa de los agregados de canto rodado, como a su posible menor

resistencia, en relación a los agregados triturados que fueron de basalto y caliza.

Asimismo, Uribe (1991) señaló que la presencia de un porcentaje importante de materia orgánica en los agregados puede provocar problemas en la fabricación de concreto, ya que trae consigo efectos como inhibir la adecuada hidratación de cemento y por tanto causar un retraso en el endurecimiento del mismo. Los agregados contaminados pueden ser causa de reducción de la resistencia a la compresión del concreto; y además pueden contener sustancias nocivas que afecten químicamente al material de diversas formas.

A nivel local, los proyectistas de obras en la ciudad de Macusani, han realizado diseños de mezcla, para resistencias específicas (210Kg/cm², 175Kg/cm², 100Kg/cm²), por ende no se han realizado estudios de mayor profundidad que indiquen las variaciones que se presentan en las resistencias a la compresión mecánica del concreto; cuando en campo se varía las cantidades de hormigón y agua en un metro cúbico o por una bolsa de cemento.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EL CONCRETO

Porrero, Jiménez, Ramos, Graces y Velazco (2004), Definen el Concreto un hormigón como un material que podemos considerar constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta. Dicha pasta está constituida por agua y un producto aglomerante o conglomerante, que es el cemento.

El concreto el cual es de mucho uso en la construcción de obras civiles cuyos componentes básicos son cemento, arena,

grava y agua, ofrece una resistencia que depende en gran medida de la calidad y proporción de los componentes de las mezclas y de las condiciones de humedad y temperatura durante los procesos de fabricación, compactación y de fraguado. A los efectos se requiere conocer:

- Procedencia de los agregados grueso y fino.
- Origen y tipo de cemento.
- Procedencia y calidad del agua mezclado.
- Diseño de mezcla, indicando el asentamiento.
- Dosificación en peso y volumen de los materiales a mezclar, asegurar una resistencia promedio a la compresión.

La dosificación de los ingredientes del concreto se determina a fin de lograr: La trabajabilidad y consistencia adecuadas para que el concreto sea vaciado dentro del encofrado y alrededor del refuerzo, sin segregación ni exudación excesivas; bajo las condiciones de colación en obra y requisitos del ensayo de resistencia indicados en la norma.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Bottaro (2003) expresa que: "Las características del concreto varían dependiendo de su estado fresco o endurecido y se determinan mediante ensayos".

En el concreto fresco; la medición del asentamiento (consistencia), se realiza para detectar variaciones de la relación agua / cemento (a/c) y se realizan las probetas cilíndricas que posteriormente se ensayan a compresión.

En el concreto endurecido, se realizan ensayos destructivos y no destructivos, para determinar la resistencia.

Con respecto al primero, un concreto dócil es aquel que le permite a una mezcla ser manipulada y colocada en los encofrados, de forma homogénea y aceptar una adecuada compactación sin segregación de sus componentes. Con respecto al concreto endurecido, los ensayos destructivos para determinar la resistencia del concreto son aquellos cuyas probetas se toman una vez que el concreto ha endurecido por consiguiente han adquirido cierto grado de resistencia. A menos que exista otro tipo de especificación, la resistencia del concreto a la compresión f'_c se basa sobre ensayos a los 28 días y el valor de la resistencia, resulta del promedio de las resistencias obtenidas de dos cilindros elaborados con la misma muestra y ensayados a los 28 días.

2.2.3. COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.3.1. LOS AGREGADOS

Son materiales pétreos naturales, granulares sin forma y volumen definido, que por lo general son inertes, estos materiales están en una cantera donde se les puede encontrar en cantidades que abastecen a una determinada población por un periodo determinado. Para el presente estudio se utilizara el hormigón proveniente de la cantera jurisdiccional.

Por su tamaño los agregados pueden clasificarse en finos y gruesos, determinado por el tamaño de mayor predominio usando como referencia un tamiz como límite. Se denomina agregado grueso o grava a todo material que quede retenido por el tamiz N° 4, por arena o agregado fino, el que pasa por el tamiz 3/8 y es retenido por el tamiz

200, los pasantes de 200 entre 0,06 y 0,002 mm, se denominan limos y los menores arcillas.

Los agregados son usados en la elaboración de concreto, morteros y diferentes componentes constructivos, específicamente en mezclas de concreto ocupan, por lo menos, tres cuartas partes del volumen, por lo que su elección y control deben ser cuidadosos por ser factor decisivo en su calidad.

Los agregados en las mezclas de concreto crean un esqueleto rígido y estable, lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Entre las funciones principales de los agregados se tienen:

- Proporcionar relleno relativamente económico para el material cementante.
- Proveer una masa de partículas aptas para resistir la acción de cargas aplicadas, abrasión, paso de humedad, y la acción climática.
- Reducir los cambios de volumen resultante de los procesos de fraguado y endurecimiento y de los cambios de humedad de la pasta de cemento.

Los agregados pueden ser utilizados en su estado natural o pueden provenir de un proceso de trituración. El agregado grueso triturado presenta mejores características de adherencia que el agregado natural, por lo que sus concretos pueden alcanzar mayor resistencia.

Los agregados deben estar libres de partículas orgánicas, sales, limos y arcillas que puedan afectar las

reacciones químicas de fraguado o produzcan porosidades indeseables. Dependiendo del tipo de concreto que se desee fabricar, se pueden emplear agregados ligeros, agregados normales o agregados pesados.

Así como también se pueden utilizar agregados artificiales.

El progresivo agotamiento de las fuentes de obtención de las arenas, o las restricciones ambientalistas para su explotación, tienden a generar escasez del material, por lo cual se ha empezado a obtener arena a partir de la trituración de rocas, usualmente las mismas de las que se obtiene el agregado grueso, aunque sus características no sean idénticas a la de la arena natural.

El Reglamento Nacional de Edificaciones, en su capítulo E.060 establece lo siguiente:

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- (a) $1/5$ de la menor separación entre los lados del encofrado.
- (b) $1/3$ de la altura de la losa, de ser el caso.
- (c) $3/4$ del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son

tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cangrejeras.

El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

La granulometría seleccionada para el agregado deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

El agregado denominado "hormigón" corresponde a una mezcla natural de grava y arena. El hormigón sólo podrá emplearse en la elaboración de concretos con resistencia en compresión no mayor de 10 MPa (100 Kg/cm²) a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será de 255 Kg/m³. El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica y otras sustancias dañinas para el concreto. En lo que sea aplicable, se seguirán para el hormigón las recomendaciones indicadas para los agregados fino y grueso.

2.2.3.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Libia Gutiérrez de López, señala las propiedades mecánicas más principales a los siguientes:

- Tanto la forma de la partícula como la textura de la superficie del agregado influyen considerablemente en la resistencia de los concretos, afectando más a la resistencia a la flexión que a la de compresión. Una textura más áspera dará por resultado una mayor adhesión o adherencia entre las partículas y la matriz de cemento.
- La resistencia a la compresión del concreto no puede exceder significativamente a la de la mayor parte del agregado que contiene, aunque no es fácil determinar la resistencia a la trituración del agregado mismo. Es posible tolerar unas pocas partículas débiles, ya que los vacíos de aire pueden considerarse como partículas de agregado con una resistencia cero.
- La dureza puede definirse como la resistencia del agregado a fallar por impacto y se relaciona con el valor de trituración empleándose así como una prueba alternativa.
- La resistencia al desgaste es medida por la prueba de los Ángeles que combina los procesos de desgaste y abrasión, y sus resultados muestran una buena correlación no solo con el desgaste real del agregado en el concreto, sino con las resistencias a

la flexión y compresión de concretos hechos con el mismo agregado.

2.2.3.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Las propiedades físicas de los agregados son relevantes para el comportamiento del agregado en el concreto y para las propiedades del concreto hecho con el agregado donde entre las más importantes destacamos las siguientes:

- La gravedad específica que es la relación de la masa o peso en aire de una unidad de volumen de material respecto a una.
- La densidad de masa depende de cuán compactado este el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas, por ello para el propósito de pruebas, debe especificarse el grado de compactación.
- La porosidad, la permeabilidad y la capacidad de absorción del agregado influyen en la adherencia con la pasta de cemento, en la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo, en la estabilidad química, en la resistencia a la abrasión y en la gravedad específica.
- El contenido de humedad es el exceso de agua en un estado saturado y con superficie seca. Así, el contenido total de agua de un

agregado húmedo será igual a la suma de la absorción y del contenido de humedad.

- Existen tres categorías generales de sustancias nocivas que pueden encontrarse en los agregados como las impurezas que interfieren en el proceso de hidratación del cemento, coberturas que impiden el desarrollo de una buena adherencia entre el agregado y la pasta de cemento y algunas partículas individuales que son débiles y defectuosas por sí mismas.

2.2.3.1.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Como sería sumamente difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas, se usa una manera indirecta, cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en % con respecto al peso total. (Enrique Pasquel, 1993).

A esto es lo que se denomina análisis granulométrico o granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de

agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración de concreto.

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene una abertura igual a la mitad de la anterior. A partir de la malla 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada. En la Tabla N° 01 se consignan los tamices estándar ASTM

Otro concepto importante es el del Tamaño máximo, que en términos generales significa el menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado. Se define operativamente como Tamaño máximo nominal el correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

Tabla N° 4: Tamices Estándar ASTM

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000
3/8"	0.3750	9.5000
No 4	0.1870	4.7500
No 8	0.0937	2.3600
No 16	0.0469	1.1800
No 30	0.0234	0.5900
No 50	0.0117	0.2950
No 100	0.0059	0.1475
No 200	0.0029	0.0737

2.2.3.1.4. EL MODULO DE FINURA

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representaran la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el Módulo de Finura.

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz No 100 y esta cantidad se divide entre 100. El sustento matemático del Módulo de Finura reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse muy en claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado

independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

La base experimental que apoya al concepto de Módulo de fineza es que granulometrías que tengan igual M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia lo que lo convierte en un parámetro ideal para el diseño y control de mezclas.

2.2.3.1.5. LA SUPERFICIE ESPECÍFICA

Es otra caracterización numérica de la granulometría de agregados, que si bien no es tan práctica en su aplicación, es importante desde el punto de vista que permite comprender conceptualmente varias relaciones y propiedades entre los agregados y la pasta de cemento.

Se define como el área superficial total de las partículas de agregados, referida al peso o al volumen absoluto. Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, lo cual ya introduce error, además que no tiene el sustento experimental del módulo de finura, por lo que no se usa mucho salvo a nivel de investigación.

En la Fig. N° 2 se puede observar un ejemplo clásico que permite visualizar el concepto de la superficie específica y el incremento de la misma así como del área superficial, al fraccionarse las partículas o al ser planas y alargadas.

Conceptualmente, al ser más finas las partículas se incrementan la superficie específica y el agregado necesita más pasta para recubrir el área superficial total sucediendo al contrario si es más grueso.

En la Tabla N° 5 a manera de ilustración se ha calculado el Módulo de Finura y la Superficie específica para varios tipos de distribuciones granulométricas que siguen un patrón matemático.

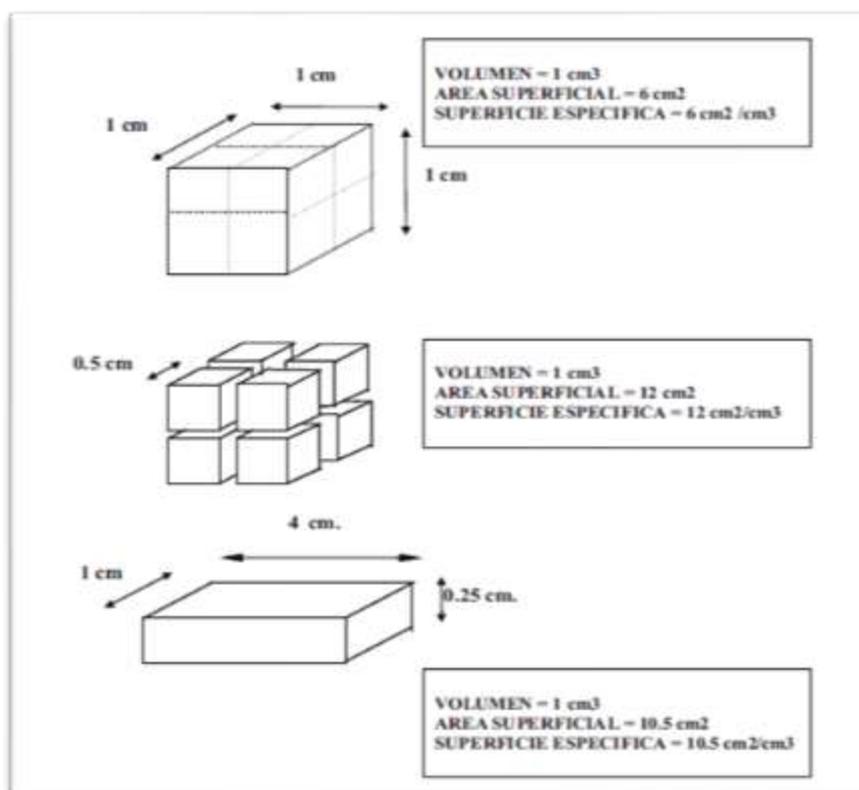


Figura N° 2: Superficie específica en función del fraccionamiento y forma de partículas

Tabla N° 5: Fórmulas para el cálculo del módulo de finura y la superficie específica para varios tipos de granulometrías

TIPO DE GRANULOMETRIA	ECUACION DE LA CURVA GRANULOMETRICA EN % PASANTE $f(d)$	MODULO DE FINEZA
Un Tamaño	---	$3.32 \log(10d_{min}) + 0.43$
Lineal	$100 \frac{d - d_{min}}{D - d_{min}}$	$3.32 \left[\log(10D) + \frac{d_{min}}{D - d_{min}} \log\left(\frac{D}{d_{min}}\right) - 0.43 \right]$
Logarítmica	$100 \frac{\log(d / d_{min})}{\log(D / d_{min})}$	$1.66 \log(100Dd_{min})$
Parabólica	$100 \frac{\sqrt{d} - \sqrt{d_{min}}}{\sqrt{D} - \sqrt{d_{min}}}$	$3.32 \left[\log(10D) + \frac{\sqrt{d_{min}}}{\sqrt{D} - \sqrt{d_{min}}} \log\left(\frac{D}{d_{min}}\right) - 0.87 \right]$
SUPERFICIE ESPECIFICA		
Un Tamaño	---	$6,000 / d_{min}$
Lineal	$100 \frac{d - d_{min}}{D - d_{min}}$	$13,820 \frac{\log(D / d_{min})}{D - d_{min}}$
Logarítmica	$100 \frac{\log(d / d_{min})}{\log(D / d_{min})}$	$2,600 \frac{(1 / d_{min}) - (1 / D)}{\log(D / d_{min})}$
Parabólica	$100 \frac{\sqrt{d} - \sqrt{d_{min}}}{\sqrt{D} - \sqrt{d_{min}}}$	$6,000 / \sqrt{Dd_{min}}$

<p>Observaciones :</p> <p>d = Abertura de malla</p> <p>d_{min} = Tamaño mínimo de partículas</p> <p>D = Tamaño Máximo de partículas</p> <p>Si $d_{min} < 0.1$ mm. se debe usar $d_{min} = 0.1$ mm.</p>

2.2.3.2. EL CEMENTO

Es un conglomerante hidráulico que tiene la propiedad de endurecer y desarrollar resistencias mecánicas cuando se mezcla con agua. Obtenido por cocción de material calcáreo y arcilla cuya mezcla finamente molida con adición de yeso como moderador de fraguado, da como resultado el cemento Portland, usado comúnmente en nuestro país.

Se distinguen varios tipos, en función de sus propiedades y características, estos están especificados en la norma NTP 334.009, y ASTM C-150-99. Entre estos tenemos:

- Tipo I: De uso general y sin propiedades especiales.
- Tipo II: Uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para uso cuando se requiere altas resistencias iniciales y elevado calor de hidratación.
- Tipo IV: Cuando se requiere bajo calor de hidratación.
- Tipo V: De alta resistencia al ataque de sulfatos.

La norma ASTM-C-595-00 especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen escoria y puzolanas, que modifican el comportamiento. Entre estos tipos se tiene:

- Tipo IS: entre 25% y 70% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo ISM: menos del 25% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo IP: entre 15% y 40% en peso de puzolana.
- Tipo IPM: menos del 15% en peso de puzolana.

Puzolanas, son materiales que al reaccionar con los productos de hidratación del cemento como los hidróxidos de calcio, y el agua adquieren propiedades aglomerantes que no presentan individualmente.

La calidad del cemento dependerá de los controles internos de producción y los controles externos efectuados en fábrica, la cual emite su correspondiente certificado de calidad. En lo referido a composición, es condición necesaria que presente un bajo contenido de álcalis y un moderado calor de hidratación. Además su calidad depende del tipo y modo de almacenamiento.

2.2.3.3. EL AGUA

Es un líquido transparente, compuesto de dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, (H₂O) en estado puro es inodora e insípida, no siempre se encuentra en estado puro por lo que puede contener en disolución gases y sales, en suspensión, polvos y a veces microbios.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.
- Agua de curado: En elementos de concreto recién ejecutados.

En los casos anteriores las características del agua tienen efectos diferentes sobre el concreto, pero es

recomendable utilizar el agua de una sola calidad en ambos casos.

Verificar la calidad del agua a usarse en la elaboración del concreto, según las normas NTP 339.088, que establece los límites permisibles para el agua de mezcla y curado, esta práctica es obligatoria antes de iniciar la construcción de obras importantes.

Esta verificación se puede omitir en las siguientes condiciones:

- Si el agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y no se le aprecia olor, color, ni sabor, y no presenta antecedente en su empleo en la fabricación del concreto.
- Cuando procede de cualquier otra fuente de suministro que cuenta con antecedentes de uso en la fabricación de concreto con buenos resultados y no se le aprecia olor, color ni sabor.

2.2.4. RESISTENCIA DEL CONCRETO

La resistencia mecánica del concreto a compresión es evidentemente la cualidad más importante a buscar, el concreto es un material con muchas bondades para la construcción, es durable y presenta alta resistencia a la compresión aunque no es tan bueno para resistir tracción, estas características hacen que se haga necesario reforzarlo con acero para su óptimo desenvolvimiento como material de construcción.

2.2.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La característica más resaltante del concreto es su alta capacidad de resistencia a la compresión, siendo también el factor que se emplea frecuentemente para definir su calidad, la cual puede determinarse mediante el ensayo de laboratorio establecido en la norma NTP 339.034 y ASTM C39, provocando la falla de un cilindro Standard de 30 cm. de alto por 15cm de diámetro, luego de permanecer sumergido en agua durante 28 días, y posteriormente ser sometido a fuerzas de compresión axial en una maquina universal.

El valor de la resistencia obtenido en el ensayo no es absoluto, puesto que depende de las condiciones en que ha sido realizado. Entre las condiciones en que se realiza el ensayo, las de mayor influencia son analizadas a continuación:

- Forma y dimensiones de la probeta: Las probetas empleadas normalmente para determinar la resistencia a la compresión son de forma cúbica o cilíndrica. De las primeras, se emplean de preferencia las de 15 y 20 cm de arista, y para las segundas las de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.
- Condiciones de ejecución del ensayo:
 - ✓ Velocidad de aplicación de la carga de ensayo.
 - ✓ Estado de las superficies de aplicación de la carga.
 - ✓ Centrado de la carga de ensayo.
- Características del hormigón:

- ✓ Tipo de cemento.
- ✓ Relación agua / cemento.
- ✓ Edad del hormigón.
- Condiciones ambientales:
 - ✓ Temperatura.
 - ✓ Humedad.

2.2.6. DIAGRAMA ESFUERZOS VS DEFORMACIÓN

La realización del ensayo de compresión axial, permite la cuantificación de los resultados y la realización de diagramas esfuerzos vs. Deformación para varios tipos de concretos, encontrándose que para los de alta resistencia el diagrama alcanza un pico (máximo valor de esfuerzo) relativamente agudo para un valor de deformación de 0.002 mm/mm, mientras que para los concretos de baja resistencia, el diagrama es más llano para el mismo valor de elongación; presentándose en ambos casos un valor máximo de deformación de 0.004 mm/mm con el concreto ya figurado y para valores de esfuerzos bastante menores.

2.2.7. MODULO DE ELASTICIDAD

El Módulo de Elasticidad es un aspecto importante a considerar en este material, depende de la resistencia del mismo, por lo que los concretos de alta resistencia poseen Módulos de Elasticidad mayores que aquellos concretos de baja resistencia. Con respecto al tema Febres (2006) expresa que:

Una vez alcanzado el esfuerzo máximo, que se obtiene para deformaciones unitarias alrededor de 0.002 cuando no hay confinamiento, los concretos de alta resistencia se deterioran más rápidamente que los de baja resistencia, lo cual hace a los de baja resistencia más aptos para las zonas altamente sísmicas o aquellas situaciones donde se puedan alcanzar grandes esfuerzos en forma repetida.

El efecto del confinamiento del concreto aumenta la capacidad de deformación a la cual se alcanza el esfuerzo máximo, pero este efecto es común en todos los concretos y no importando su resistencia, siempre los concretos de menor resistencia se degradan más suavemente que los de alta resistencia, que son relativamente frágiles.

2.3 ESTUDIO TEÓRICO DEL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL

Desde los comienzos del empleo del concreto los investigadores vienen dedicando preferentemente atención a la granulometría del total de agregados. A esta característica particular de cada concreto lo relacionan directamente con la compacidad final de la cual dependen muchas de sus virtudes, en especial la resistencia mecánica, durabilidad, estabilidad de volumen e impermeabilidad.

Del “prontuario del hormigón” del Dr. Alfredo Hummel hemos extraído los siguientes conceptos:

“Los concretos de distinta composición granulométrica requieren dosis de agua muy distintas para obtener iguales o parecidas consistencias en el concreto fresco y con un mismo grado de trabajabilidad”.

“Las granulometrías discontinuas quitan trabajabilidad a las mezclas y a medida que la discontinuidad aumenta por ausencia de determinadas fracciones granulométricas, también disminuye la trabajabilidad y la dificultad para amasar las mezclas”.

“Para una misma energía de compactación, la influencia de la composición granulométrica es mayor, cuanto menor es la cantidad de cemento y la fluidez de la mezcla”.

“Las fracciones de polvo muy fino de los agregados son devoradores de cemento, ya que se debe emplear mucho más cemento para recubrir su enorme superficie específica”.

Consideramos estas cuatro expresiones como básicas en la búsqueda de una granulometría que pueda resultar la óptima.

2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El propósito del diseño de mezcla es, seleccionar las proporciones más económicas de cada uno de los materiales disponibles para producir un concreto en el estado endurecido, de la mínima calidad requerida, generalmente especificada en términos de esfuerzo de compresión y durabilidad, y en el estado plástico en términos de su trabajabilidad y cohesión.

Por muchos años la calidad del concreto y las proporciones de la mezcla estuvieron consideradas como sinónimas, de modo que el proceso de diseño de mezcla, fuera lo más simple posible. La experiencia muestra que una mezcla por volumen de cemento, agua, arena y piedra, fue satisfactoria para muchos tipos de trabajos, sin embargo en el transcurso del tiempo, se encontró que la

calidad de dichos concretos, evaluada en función de alguna propiedad, estaba lejos de ser constante.

El diseño de la mezcla es entonces la responsabilidad del contratista, que es libre de hacer el mejor uso de suministros disponibles de agregado, y hay generalmente un ahorro en el costo del concreto debido a que las proporciones no están ahora arregladas arbitrariamente a encontrar las peores condiciones que pueden ocurrir en cualquier trabajo similar.

En principio se puede admitir que si las fuentes de suministro de los integrantes del concreto son uniformes y se mantienen constantes, pequeñas variaciones en la granulometría y en el tamaño máximo de los agregados, así como en el contenido de cemento y en la trabajabilidad del concreto, no afectan apreciablemente la resistencia siempre y cuando la calidad de la pasta de cemento definida por la relación agua/cemento se mantenga constante.

2.3.2 DISEÑO Y DOSIFICACIÓN

El diseño está relacionado a la forma en que nosotros asumamos las propiedades que consideremos más importantes que debe cumplir el concreto en su estado fresco y endurecido, y que son obtenidas mediante cambios en las proporciones de los componentes del concreto.

2.3.3 SELECCIÓN DE PROPORCIONES EMPLEANDO EL METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Se diseñara para que los componentes del concreto cumplan antes y después del mezclado con lo siguiente:

- a) Relación agua/cemento = 0.55
- b) Asentamiento = 3" a 4".

Se procederá a diseñar siguiendo las condiciones del ACI 211.

Primero. Elección del asentamiento; deseamos obtener un asentamiento de 3" a 4".

Segundo. Elección del tamaño nominal máximo del agregado grueso. Este dato se obtiene mediante el análisis granulométrico del agregado grueso.

Tercero. Estimación del agua de mezclado y el contenido de aire. De las tablas dadas por el ACI 211 se obtiene la cantidad de agua y aire que debe tener la mezcla por metro cúbico de concreto. Están en función del asentamiento y del tamaño nominal máximo del agregado grueso.

Cuarto. Selección de la relación agua/cemento.

Quinto. Calculo del contenido de cemento. De los pasos anteriores obtendremos la cantidad necesaria de cemento que utilizaremos para fabricar el metro cúbico de concreto. Dividimos la cantidad de agua entre la relación agua/cemento, obteniendo el peso de cemento.

Sexto. Estimación del agregado grueso. La cantidad de agregado grueso se obtiene por medio del valor de la tabla proporcionada por el ACI 211 que está en función del tamaño nominal máximo y del módulo de finura de la arena y luego multiplicado por el peso unitario compactado seco de la piedra.

Séptimo. Una vez establecido las cantidades de agua, cemento, aire y agregado grueso, el elemento restante que completa el metro cúbico de concreto consiste en la arena. La arena la hallamos por diferencia de volúmenes, ya que la suma de los volúmenes de agua, cemento, aire y agregado grueso, restados de un metro cúbico nos da el volumen de arena y luego este multiplicado por el peso específico de la arena nos da la cantidad de arena necesaria. Con lo cual logramos hallar las cantidades de los materiales del concreto por metro cúbico.

Octavo. Como los agregados no están saturados superficialmente secos es necesario hacer los reajustes a los agregados para obtener los pesos que utilizaremos en la balanza y poder preparar la mezcla. Por lo tanto los agregados son corregidos por su humedad natural y absorción.

Noveno. Para la mezcla de laboratorio, los pesos se reducen proporcionalmente para producir 0.040 metros cúbicos de concreto y poder realizar los ensayos pertinentes.

Décimo. Luego de pesar los materiales y ponerlos dentro de la mezcladora, procedemos al mezclado. Luego del mezclado procedemos hacer el ensayo de

asentamiento en el cono de Abrams y vemos si cumple con la característica que deseamos (3" a 4" y un buen aspecto). Si cumple lo dejamos con esas proporciones. En caso de no cumplir, entonces volvemos a diseñar la mezcla del paso tercero, hasta lograr lo deseado.

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Acabado (terminado)

Es el aspecto final que se le da a la superficie de un concreto o mortero por medio de un tratamiento adecuado.

Agregado

Material granular, el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

Agregado Global (Hormigón)

Material compuesto de agregado fino y grueso de origen natural o artificial en proporciones adecuadas que cumple con las especificaciones técnicas.

Agregado fino

Agregado que pasa la malla de 3/8" (9.5 mm) y casi totalmente la malla numero 4 (4.75 mm), y es predominante retenido en la malla numero 200 (0.075 mm).

Agregado grueso

Agregado predominante retenido en la malla numero 4 (4.75 mm).

Agregado ligero

Agregado de baja densidad utilizado para producir concretos ligeros. Incluye pómez, escoria volcánica, tobas, diatomita, arcilla sintética o expandida, lutita, pizarra, lutitas diatomáceas, perlita, vermiculita, y productos de combustión de carbón.

Agregado pesado

Agregado de alta densidad, que puede ser barita, magnetita, limonita, ilmenita, hierro o acero.

Aire atrapado

Es la cantidad de aire propia de una mezcla después de su compactación.

Arena

Agregado fino resultado de la desintegración y abrasión de roca o de la transformación de una arenisca que se desmenuza fácilmente.

Arena manufacturada

Agregado fino producido por trituración de grava, roca, escoria o concreto hidráulico.

Asentamiento del Concreto

Es la diferencia entre la altura del recipiente que sirve de molde de una probeta de concreto fresco y la de la probeta fuera del molde, medida en el eje y expresada en pulgadas.

Calor de hidratación

Es la cantidad de calor liberado durante el proceso de hidratación, debido a reacciones fisicoquímicas.

Concreto premezclado

Es el concreto dosificado en una planta y transportado a obras generalmente por camiones mezcladores o agitadores.

Condición saturada y superficie seca

Es aquella según la cual cada partícula del agregado tiene sus poros llenos de agua, pero la superficie no presenta agua libre.

Consistencia

Es el grado de fluidez de una mezcla determinada de acuerdo a un procedimiento prefijado.

Contenido de aire

Es la diferencia entre el volumen aparente de la mezcla y el resultante de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes.

Contenido de humedad

Es la cantidad de agua de un material expresada como un porcentaje de su peso seco.

Dosificación

Es la proporción en peso o en volumen de los distintos elementos integrantes de una mezcla.

Durabilidad

Es la propiedad que tienen los morteros o concretos de resistir la acción continua de agentes destructivos con los cuales han de estar en contacto.

Endurecimiento

Es el proceso de aumento de la resistencia mecánica posterior al periodo de fraguado.

Exudación

Es el fenómeno según el cual se produce una acumulación progresiva en la superficie de una masa de concreto fresco de parte del agua de mezcla, fenómeno este que acompaña a la compactación y sedimentación del concreto.

Fraguado

Es fundamentalmente un proceso de hidratación de los distintos componentes de un aglomerante hidráulico por el cual este adquiere una mayor consistencia puesta en evidencia por ensayos tipificados.

Fatiga

Pérdida de la resistencia mecánica de un material, al ser sometido largamente a esfuerzos repetidos.

Grava

Agregado grueso resultante de la desintegración natural y abrasión de rocas o transformación de un conglomerado débilmente cementado.

Grava triturada

Es el producto resultado de la trituración artificial de gravas, en la que la mayoría de los fragmentos tienen como mínimo una cara resultado de la fractura.

Impacto

Efecto de una fuerza aplicada bruscamente.

Mezcla

Es la cantidad de concreto o mortero preparada de una sola vez.

Muestra

Es una porción representativa de un material.

Mortero

Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua, que puede contener además algún aditivo.

Pasta de cemento

Es una mezcla de cemento y agua.

Piedra triturada

Es el producto de la trituración artificial de rocas, peñascos o fragmentos de roca grandes, en el cual todas las caras resultantes se derivan de las operaciones de trituración.

Porosidad

Es el cociente entre el volumen de los poros y el volumen aparente del cuerpo.

Relación Agua-Cemento

Es el cociente entre el peso del contenido de agua libre de mezclado y el de cemento en una mezcla dada.

Rigidez

Cualidad de rígido.

Segregación

Es la separación de los distintos componentes de una mezcla de concreto o mortero fresco durante su transporte o colocación.

Tamaño máximo nominal

Es la abertura del tamiz de malla menor a través del cual puede pasar como mínimo el 95% del agregado.

Tamaño máximo

Es la designación que corresponde a un agregado, expresada por la abertura de los tamices límites, por los cuales pasa y queda retenido en su totalidad.

Tiempo de fraguado

Es el tiempo requerido por una pasta fresca de cemento y agua, de una cierta consistencia, para pasar de un grado arbitrario de rigidez a otro, determinado por un ensayo específico.

Trabajabilidad

Es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o mortero de ser mezclado, transportado y colocado.

CAPITULO III

PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 PROPUESTA TÉCNICA

La presente investigación consiste en la preparación de 72 briquetas, cada 06 briquetas representan un tratamiento diferente, por consiguiente se realizan 12 tratamientos, de los cuales 04 tratamientos tienen la misma dosificación que especifica el diseño de mezcla elaborado con agregado global; los restantes 08 tratamientos tienen dosificaciones diversas siguiendo la matriz de diseño del diseño factorial de la Figura N° 1.

Adicionalmente se le hace la codificación de los tratamientos, el cual se muestra en la figura N° 3, en ella se muestran con codificación NC1, NC2, NC3 y NC4 a los tratamientos que tienen la misma dosificación especificada por el diseño de mezcla realizado para una calidad del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, las otras codificaciones representan los tratamientos que tienen diversas dosificaciones de hormigón y Slump (depende directamente de la cantidad de agua utilizada), los cuales se muestran en las siguientes tablas.

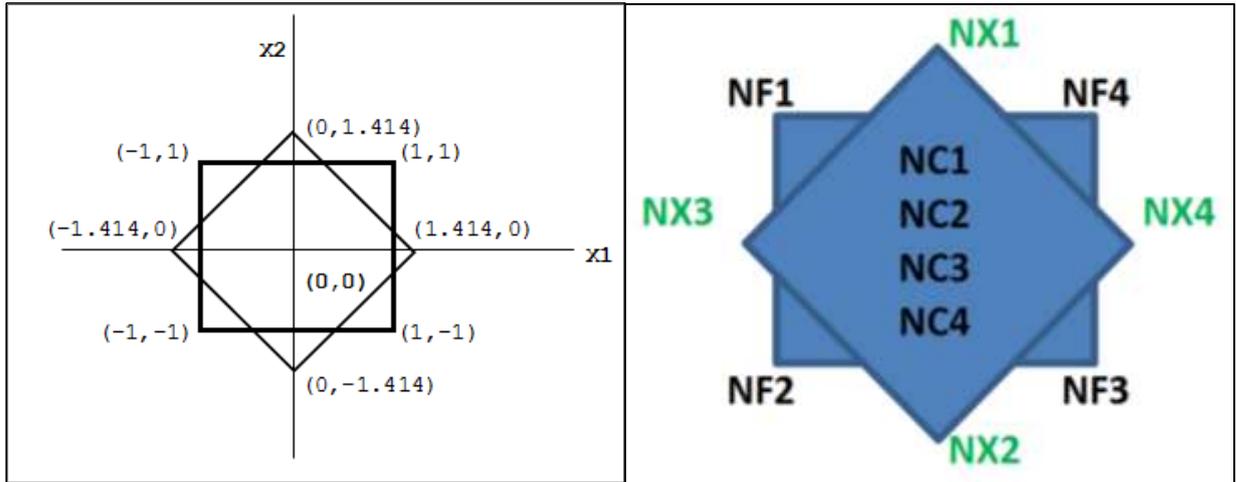


Figura N° 3: Patrón de distribución y codificación de los ensayos

Tabla N° 6: Dosificación para ensayo NX1 y NX2

NX1	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.5	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	191.25	4.50
	AGUA (Kg, L)	22.91	22.91
	SLUMP (Pulg)	9	

NX2	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	191.25	4.50
	AGUA (Kg, L)	16.43	16.43
	SLUMP (Pulg)	1	

Tabla N° 7: Dosificación para ensayo NX3 y NX4

NX3	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	169.62	3.99
	AGUA (Kg, L)	17.58	17.58
	SLUMP (Pulg)	5	

NX4	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	212.88	5.01
	AGUA (Kg, L)	19.28	19.28
	SLUMP (Pulg)	5	

Tabla N° 8: Dosificación para ensayo NC1 y NC2

NC1	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	191.25	4.50
	AGUA (Kg, L)	18.09	18.09
	SLUMP (Pulg)	5	

NC2	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	191.25	4.50
	AGUA (Kg, L)	17.93	17.93
	SLUMP (Pulg)	5	

Tabla N° 9: Dosificación para ensayo NC3 y NC4

NC3	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	191.25	4.50
	AGUA (Kg, L)	17.93	17.93
	SLUMP (Pulg)	5	

NC4	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	191.25	4.50
	AGUA (Kg, L)	18.09	18.09
	SLUMP (Pulg)	5	

Tabla N° 10: Dosificación para ensayo NF1 y NF2

NF1	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	175.95	4.14
	AGUA (Kg, L)	18.50	18.50
	SLUMP (Pulg)	7.83	

NF2	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	175.95	4.14
	AGUA (Kg, L)	16.47	16.47
	SLUMP (Pulg)	2.17	

Tabla N° 11: Dosificación para ensayo NF3 y NF4

NF3	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	206.55	4.86
	AGUA (Kg, L)	19.35	19.35
	SLUMP (Pulg)	2.17	

NF4	COMPONENTE	DOSIFICACION POR BOLSA	
	CEMENTO (Kg, Pie3)	42.50	1.00
	HORMIGON (Kg, Pie3)	206.55	4.86
	AGUA (Kg, L)	20.78	20.78
	SLUMP (Pulg)	7.83	

Cada tratamiento es preparado (dosificado) en forma independiente de los demás tratamientos, ello evidencia la dispersión de

resultados obtenidos en los tratamientos que tienen la misma dosificación (NC1, NC2, NC3 y NC4).

En las tablas se muestran dosificaciones expresadas en peso (kilogramos) y en volumen (pie^3), estas están en la tercera y cuarta columna respectivamente, con la finalidad de poder replicar tanto en laboratorio como en campo.

Una vez preparado las briquetas, estas se llevan a una poza de curado, para posteriormente después de 07, 14 y 21 días son sometidos a rotura, con ello se obtiene los niveles de resistencia de cada tratamiento, a través de la aplicación del Análisis de Varianza a los niveles de resistencia se conoce la existencia de la diferencia significativa de los tratamientos y con la aplicación del diseño factorial 2^K centrado rotacional se obtiene la ecuación de regresión para realizar predicciones en la dosificación de los componentes del concreto y su respectivo nivel de resistencia como aporte del presente trabajo de investigación.

A continuación se detalla cada uno de los procedimientos ejecutados en la presente investigación.

3.1.1 MATERIALES

3.1.1.1 AGREGADO GLOBAL

El agregado global proviene de la cantera “jurisdicción” ubicado en macusani en la ciudad de macusani región puno..

3.1.1.2 PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GLOBAL

Peso unitario (NTP 400.017 – ASTM C29 / C29M)

Para el agregado se emplea el recipiente de $\frac{1}{2}$ pie³

PUS = 1883 Kg/m³

PUC = 1954 Kg/m³

Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.021 – ASTM C 127)

Aparatos

Balanza

Cesta con malla de alambre.

Depósito de agua.

Horno.

Procedimiento.

Sacar una muestra representativa de 40 Kg, la cual se mezcla y se cuartea.

Sumergir una muestra de agregado en agua por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente.

Retirar y secar el material superficialmente con una franela y pesar 3 Kg.

Colocarlo dentro de la canastilla y pesar el material sumergido en agua.

Secar la muestra en el horno para finalmente pesarlo.

3.1.1.3 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 – ASTM C 566)

Es la humedad evaporable que se encuentra en los agregados, incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

Este valor se emplea para el cálculo de la corrección por humedad en el diseño de mezclas.

Aparatos

Balanza.

Recipiente: Un envase que no sea afectado por el calor.

Horno.

Procedimiento.

Sacar una muestra representativa, la cual se mezcla y se cuartea.

Sacar el material de los extremos, pesar 800g (ASTM C 637) y vaciar en el recipiente.

Llevar al horno el recipiente por 24 horas.

Finalmente pesar el material seco.

Tabla N° 12: Resumen de las propiedades físicas del agregado global

Descripción	Und	Agregado global
Peso Unitario Suelto Global (PUS)	kg/m ³	1883
Peso Unitario Varillado Global	kg/m ³	1954
Peso específico SSS Global	g/cm ³	2.57
Absorción Global	%	3.08
Contenido de Humedad Natural	%	3.04
Módulo de Finura Global (MF)		5.82

FUENTE: *Laboratorio de mecánica de suelos concreto y asfaltos-UANCV*

3.1.1.4 GRANULOMETRIA (NTP 400.12 – ASTM C 136)

La granulometría se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregado.

Aparatos.

Balanza.

Tamices (los tamices cumplirán con la NTP 350.001)

Agitador Mecánico de tamices.

Procedimiento.

Sacar una muestra representativa, la cual se mezcla y se cuartea.

Sacar el material de los extremos y pesar 3500g (ASTM C 637) para colocarlo en el tamiz superior.

Tamizar ya sea con el agitador o manualmente.

Pesar el material que es retenido en cada tamiz, removiendo cuidadosamente con un cepillo de cerdas plásticas el material que se queda en la base de cada tamiz.

Tabla N° 13: Distribución granulométrica del agregado global

Tamices ASTM	Peso Retenido	Peso corregido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	77.00	182.58	5.22	5.22	94.78
3/4"	369.00	474.58	13.56	18.78	81.22
1/2"	393.00	498.58	14.25	33.02	66.98
3/8"	387.00	492.58	14.07	47.10	52.90
N° 4	507.00	612.58	17.50	64.60	35.40
N° 8	123.03	228.61	6.53	71.13	28.87
N° 16	108.88	214.46	6.13	77.26	22.74
N° 30	81.57	187.15	5.35	82.60	17.40
N° 50	124.94	230.52	6.59	89.19	10.81
N° 100	41.81	147.39	4.21	93.40	6.60
N° 200	13.08	118.66	3.39	96.79	3.21
BASE	6.69	112.27	3.21	100.00	0.00
TOTAL		3500.00	100.00		

FUENTE: Laboratorio de mecánica de suelos concreto y asfaltos-UANCV

3.1.1.5 AGREGADO GLOBAL (NTP 400.037)

La norma contiene un apéndice y a manera de información acerca de husos granulométricos considerados óptimos, para proporcionar finos y gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se puede obtener concretos trabajables y compactos.

El agregado global es aquel material compuesto de agregado fino y grueso, cuya granulometría cumple con los límites dados en la siguiente tabla:

Tabla N° 14: Granulometría para el agregado global

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS		
	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		
	1 1/2 “	3/4”	3/8”
2”	100		
1 1/2”	95 a 100	200	
3/4”	45 a 80	95 a 100	
1/2”			100
3/8”			95 a 100
N° 4	25 a 50	35 a 55	30 a 65
N° 8			20 a 50
N° 16			15 a 40
N° 30	8 a 30	10 a 35	10 a 30
N° 50			5 a 15
N° 100	0 a 8	0 a 8	0 a 8

FUENTE: *Reglamento nacional de edificaciones.*

3.1.1.6 AGUA (NTP 339.088 – ASTM C 1602 / C 1602 M)

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos aplicaciones diferentes: como ingrediente en la elaboración de las mezclas de concreto y como medio de curado de las estructuras recién construidas.

El agua empleada es agua potable, de no ser así, el agua debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTP 339.088

3.1.1.7 CEMENTO (NTP 334.009 – ASTM C-595)

En la presente tesis se utilizó el cemento Pórtland tipo IP, fabricado por Cemento Sur Caracoto del grupo gloria. Este tipo de cemento contiene puzolanas, que modifican el comportamiento, para que al reaccionar con los productos de hidratación del cemento como los hidróxidos de calcio, y el agua adquieren propiedades aglomerantes que no se presentan individualmente.

3.1.1.8 DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

El diseño de mezcla es el procedimiento en el cual se determina las cantidades a usarse de cada material que conformará la mezcla de concreto (Agregado global, cemento y agua) y tiene como objetivo obtener un concreto que cumpla con las normas técnicas peruanas (NTP) para un determinado proyecto, tanto en estado fresco como en el endurecido.

En la presente tesis, para la elaboración del concreto convencional se siguió el método del Agregado Global.

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días, entonces la resistencia promedio $f'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4"

Dado el uso del agregado grueso, utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de 3/4"

Puesto que no cuenta con aire incorporado, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de 205 L/m³.

Como el concreto presenta aire atrapado, esto representara un 2.0%

Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de 0.556

De acuerdo a la información obtenida, el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ L/m}^3) / (0.556) = 369 \text{ Kg/m}^3$$

Volumen absoluto de la pasta:

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos integrales de la pasta será:

$$\text{Volumen absoluto de agua} = (205) / (1000) = 0.205$$

$$\text{Volumen absoluto de cemento} = (369) / (2.88 * 1000) = 0.128$$

$$\text{Volumen de aire atrapado} = (2.00) / (100) = 0.020$$

$$\text{Volumen sub total} = \mathbf{0.353}$$

Volumen absoluto de hormigón:

$$\text{Por tanto el peso requerido de hormigón será de } = (1.000 - 0.353) = 0.647 \text{ m}^3$$

Peso seco de hormigón:

Peso seco del hormigón $(0.647) \cdot (2.57) \cdot (1000) = 1663 \text{ Kg/m}^3$

Corrección por humedad del hormigón:

Adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:
 $(3.08 - 3.04) \cdot (1663) / 100 = 0.665$

Tabla N° 15: Dosificación del diseño de mezcla

COMPONENTE	DOSIFICACION EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HUMEDO
Cemento	369	1.00	369	1.00
Agua	205	0.56	206	0.56
Agregado Global	1663	4.51	1660	4.50
Aire	2.0%		2.0%	

8.68 bolsas por metro cúbico.

FUENTE: *Laboratorio de mecánica de suelos concreto y asfaltos-UANCV*

3.1.1.9 DOSIFICACIÓN POR PESO Y VOLUMEN

Cemento : 42.50 Kg 1.00 Pie³

Agregado Global : 191.25 Kg 4.50 Pie³

Agua efectiva : 23.80 Kg 23.80 L

3.1.2 EQUIPOS, Y PROCESO DE PREPARACION Y COLOCACIÓN

Mezcladora: La mezcladora utilizada está en perfectas condiciones de funcionamiento.

Briquetera: La briquetera es según las dimensiones normalizadas, es decir de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, de material metálico, según la norma ASTM C192.

Asentamiento. El método de determinación empleado, es el ensayo del “Cono de Abrams” o “Slump” (NTP 339.035 - ASTM C 143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0” a 2”
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3” a 4”
- Concretos fluidos, asentamientos con más de 5”

Curado: El curado de las briquetas se realizó sumergido en agua, previa codificación de las mismas, según la matriz de diseño de pruebas. Además estas estarán conforme lo establece la norma NTP 339.033 y ASTM C192.

3.1.3 TRANSPORTE Y ROTURA DE LOS ESPECIMENES

Transporte: El transporte de los especímenes de concreto se realizó con sumo cuidado al laboratorio donde se realizó la prueba de la resistencia a la compresión mecánica, evitando que los especímenes sufran daños producto de los golpes por el movimiento.

Determinación de la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días con cemento portland tipo IP. El método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto corresponde a la NTP 339.034 y ASTM C 39, la presente norma establece un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto. En la presente tesis lo realizamos las pruebas a los 7, 14 y 28 días.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

En base a los resultados obtenidos en el ensayo a la compresión mecánica realizada a las briquetas en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfaltos de Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, se tiene los resultados de los mismos en las siguientes tablas a los 28 días de curado:

Tabla N° 16: Niveles de Resistencia a los 28 días para NC1, NC2, NC3 y NC4

CODIGO	HORMIGON (X1)	SLUMP (X2)	ESFUERZO "Y" (Kg/cm ²)	DIAMETRO-1 (cm)	FUERZA-1 (Kg)	ESFUERZO-1 (Kg/cm ²)	DIAMETRO-2 (cm)	FUERZA-2 (Kg)	ESFUERZO-2 (Kg/cm ²)
NC1	0	0	219	14.87	38640	222.50	15.01	38160	215.65
NC2	0	0	254	14.79	44930	261.52	14.89	42900	246.36
NC3	0	0	257	14.95	45450	258.92	14.88	44300	254.75
NC4	0	0	223	15.10	38520	215.10	14.90	40250	230.84

Con los resultados de la tabla N° 16, se logra el primer objetivo específico planteado, el cual nos muestra los niveles de resistencia del concreto a los 28 días de realizado el vaciado de las muestras a 4315 m.s.n.m. Para la realización de estos ensayos se ha preparado las muestras en base a las dosificaciones especificadas en las tablas N° 8 y 9. Se ha preparado 06

briquetas por cada tratamiento (NC1, NC2, NC3 y NC4), de los cuales se ha sometido un par por cada tratamiento al ensayo de compresión simple en laboratorio a los 07 días, otro par a los 14 días y el par restante a los 28 días, cuyo resultado es presentado en la tabla N° 16, en la cual se muestra el diámetro (cm); este valor nos sirve para poder determinar el área de la sección transversal de las briquetas en cuya superficie es aplicado la fuerza (Kg) en forma ascendente hasta lograr la rotura de las briquetas, con estos dos datos se realiza una división de la fuerza entre el área, logrando así obtener los niveles de resistencia (Kg/cm²) de las muestras, es decir cada centímetro cuadrado de superficie puede soportar los valores establecidos en la tabla N° 16.

Tabla N° 17: Niveles de Resistencia a los 28 días para NF2, NF1, NF3, NF4, NX3, NX4, NX2 y NF1

CODIGO	HORMIGON (X1)	SLUMP (X2)	ESFUERZO "Y" (Kg/cm ²)	DIAMETRO-1 (cm)	FUERZA-1 (Kg)	ESFUERZO-1 (Kg/cm ²)	DIAMETRO-2 (cm)	FUERZA-2 (Kg)	ESFUERZO-2 (Kg/cm ²)
NF2	-1	-1	325	14.75	56660	331.59	15.06	56810	318.92
NF1	-1	1	285	15.17	50990	282.11	15.07	51340	287.83
NF3	1	-1	245	14.94	42120	240.27	14.89	43480	249.69
NF4	1	1	208	15.20	36680	202.14	15.12	38570	214.81
NX3	-1.414	0	291	15.02	50480	284.90	14.98	52480	297.77
NX4	1.414	0	215	14.93	36890	210.72	14.89	38190	219.32
NX2	0	-1.414	296	15.20	53610	295.44	15.25	54170	296.57
NX1	0	1.414	124	15.14	22400	124.42	14.92	21570	123.37

Con los resultados de la tabla N° 17, se logra el segundo objetivo específico planteado, el cual nos muestra los niveles de resistencia del concreto a los 28 días de realizado el vaciado de las muestras a 4315 m.s.n.m. Para la realización de estos ensayos se ha preparado las muestras en base a las dosificaciones especificadas en las tablas N° 6, 7, 10 y 11. Se ha preparado 06 briquetas por cada tratamiento (NF2, NF1, NF3, NF4, NX3, NX4, NX2 y NX1), de los cuales se ha sometido un par por cada tratamiento al ensayo de compresión simple en laboratorio a los 07 días, otro par a los 14 días y el par restante a los 28 días, cuyo resultado es presentado en la tabla N° 17, en la cual se muestra el diámetro (cm); este valor nos sirve para poder determinar el área de la sección transversal de las briquetas en cuya superficie es aplicado la

fuerza (Kg) en forma ascendente hasta lograr la rotura de las briquetas, con estos dos datos se realiza una división de la fuerza entre el área, logrando así obtener los niveles de resistencia (Kg/cm²) de las muestras, es decir cada centímetro cuadrado de superficie puede soportar los valores establecidos en la tabla N° 17.

Tabla N° 18: Niveles de Resistencia por Objetivos Específicos



En la tabla N° 18 se muestra los niveles de resistencia del concreto a los 07, 14 y 28 días después de realizado el vaciado de las mezclas para los dos objetivos específicos planteados, con su respectiva grafica de evolución de los niveles de resistencia en función del tiempo, en la cual se percibe las variabilidades con respecto a los tratamientos realizados.

Tabla N° 19: Resumen de resultados de compresión de las briquetas

CODIGO	HORMIGON (X1)	SLUMP (X2)	ESFUERZO "Y" A 07 DIAS (Kg/cm ²)	ESFUERZO "Y" A 14 DIAS (Kg/cm ²)	ESFUERZO "Y" A 28 DIAS (Kg/cm ²)
NF2	-1	-1	207	290	325
NF1	-1	1	182	225	285
NF3	1	-1	175	227	245
NF4	1	1	139	165	208
NX3	-1.414	0	170	179	291
NX4	1.414	0	141	159	215
NX2	0	-1.414	208	233	296
NX1	0	1.414	88	114	124
NC1	0	0	125	204	219
NC2	0	0	147	219	254
NC3	0	0	151	216	257
NC4	0	0	147	212	223

En base a los resultados de la tabla N° 19 se realiza una gráfica de la evolución de los niveles de resistencia en función del tiempo en días, tal como se muestra en la figura N° 4. En ella se observa que la muestra NF2 llegó a una resistencia superior a 300 Kg/cm² y por otra parte la muestra NX1 llegó a una resistencia inferior a 150 Kg/cm² a los 28 días de curado.

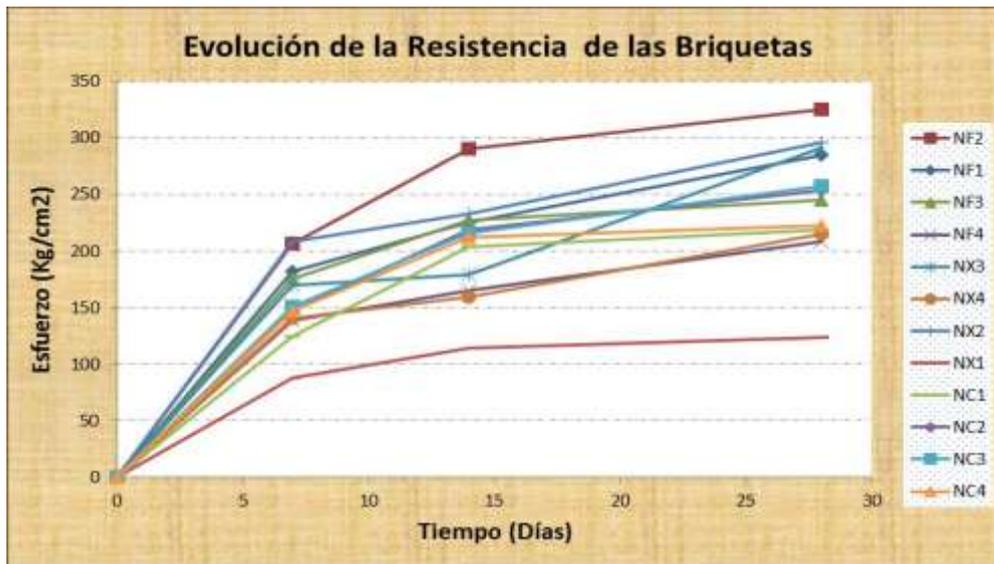


Figura N° 4: Evolución de la resistencia mecánica de las briquetas

4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Primera hipótesis específica planteada

Para la verificación de la primera hipótesis específica planteada que sostiene que el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. varía significativamente con la aplicación del diseño de mezcla del concreto convencional con hormigón para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015, se recurre a los resultados de los ensayos NC1, NC2, NC3 y NC4, cuyas muestras se prepararon respetando la dosificación planteada según el diseño de mezcla del concreto convencional con hormigón para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

Por otro lado cabe mencionar que el Reglamento Nacional de Edificaciones en su numeral 5.6 de Evaluación y Aceptación del Concreto, manifiesta en su numeral 5.6.2.3 que un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días de curado.

Además en su numeral 5.6.3.3 indica que la resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a $f'c$ (resistencia especificada).
- Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que $f'c$ en más de 35 Kg/cm² cuando $f'c$ es 350 Kg/cm² o menor.

Por lo tanto de la tabla N° 19, se tiene el promedio de dos probetas para los ensayos NC1, NC2, NC3 y NC4, siguiendo el procedimiento del Reglamento Nacional de Edificaciones se tiene el promedio aritmético de cuatro ensayos como sigue:

$$(219 + 254 + 257 + 223) / 4 = 238.25 \text{ Kg/cm}^2$$

El cual es mayor a 210 Kg/cm² que se planteó en el diseño de mezcla, por lo que se considera en base a los resultados obtenidos que el diseño es eficaz.

Procedimiento de la Prueba de Hipótesis Estadística

Hipótesis Nula (H₀): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ donde μ = media

Hipótesis Alternativa (H_a): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$.

Nivel de Significancia (α): 0.05

Estadístico de prueba: Prueba F

Criterio de Decisión: Si Valor-P $\leq \alpha$, rechazar la H_0 y aceptar H_a .

Para probar la hipótesis nula y la alternativa se recurre al software estadístico STATGRAPHICS CENTURION cuyos resultados de Análisis de Varianza se muestran en la tabla N° 20.

Tabla N° 20: Análisis de Varianza para Resistencias por Ensayos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	2483.24	3	827.748	14.40	0.0131
Error experimental	229.962	4	57.4906		
Total (Corr.)	2713.21	7			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Resistencias en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 14.40, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, es decir existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de los niveles de Resistencias del concreto de los tratamientos, con un nivel del 95.0% de confianza.

Conclusión: Por la evidencia encontrada se concluye que la primera hipótesis específica planteada es correcto. Esto es debido a la heterogeneidad que presenta el hormigón en su composición de agregados gruesos y finos.

Segunda hipótesis específica planteada

Para la verificación de la segunda hipótesis específica planteada que sostiene que el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. varía significativamente con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla del concreto convencional con hormigón para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani 2015, se recurre a los resultados de los ensayos NF2, NF1, NF3, NF4, NX3, NX4, NX2 y NX1 cuyas muestras se prepararon variando la dosificación de la cantidad de hormigón y Slump de las mezclas comparando con los ensayos NCs.

Procedimiento de la Prueba de Hipótesis Estadística

Hipótesis Nula (Ho): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9$; donde μ = media

Hipótesis Alternativa (Ha): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9$

Nivel de Significancia (α): 0.05

Estadístico de prueba: Prueba F

Criterio de Decisión: Si Valor-P $\leq \alpha$, rechazar la Ho y aceptar Ha.

Tabla N° 21: Resumen Estadístico

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
NC	8	238.205	19.4804	8.178%	215.1	261.52	46.42
NF2	2	325.255	8.95904	2.75447%	318.92	331.59	12.67
NF1	2	284.97	4.04465	1.41933%	282.11	287.83	5.72
NF3	2	244.98	6.66095	2.71898%	240.27	249.69	9.42
NF4	2	208.475	8.95904	4.29742%	202.14	214.81	12.67
NX3	2	291.335	9.10046	3.12371%	284.9	297.77	12.87
NX4	2	215.02	6.08112	2.82816%	210.72	219.32	8.6
NX2	2	296.005	0.799031	0.269938%	295.44	296.57	1.13
NX1	2	123.895	0.742462	0.599267%	123.37	124.42	1.05
Total	24	245.23	52.2282	21.2977%	123.37	331.59	208.22

En la tabla N° 21 se muestra varios estadísticos para cada uno de los tratamientos realizados. Para probar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se realiza a través de la Tabla ANOVA usando como software estadístico el STATGRAPHICS CENTURION, cuyo resultado se muestra a continuación en la Tabla N° 22.

Tabla N° 22: Tabla ANOVA de los tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	59740.5	8	7467.57	37.35	0.00001
Error Experimental	2998.65	15	199.91		
Total (Corr.)	62739.2	23			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 37.35, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, es decir existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los niveles de resistencia del concreto de los 9 tratamientos con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza a través de una comparación múltiple como se muestra a continuación:

Tabla N° 23: Comparación múltiple de tratamientos

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
NC - NF2	*	-87.05	23.825
NC - NF1	*	-46.765	23.825
NC - NF3		-6.775	23.825
NC - NF4	*	29.73	23.825
NC - NX3	*	-53.13	23.825
NC - NX4		23.185	23.825
NC - NX2	*	-57.8	23.825
NC - NX1	*	114.31	23.825

* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En ella se presentan las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Tabla N° 24: Prueba de Kruskal-Wallis

<i>Tratamientos</i>	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
NC	8	11.125
NF2	2	23.5
NF1	2	18.0
NF3	2	12.0
NF4	2	4.0
NX3	2	20.0
NX4	2	6.0
NX2	2	20.5
NX1	2	1.5

Estadístico = 20.5925 Valor-P = 0.00831242

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la **hipótesis nula** de que las medianas dentro de cada una de los 9 tratamientos es la misma. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza, tal como se muestra gráficamente en la figura N° 5.

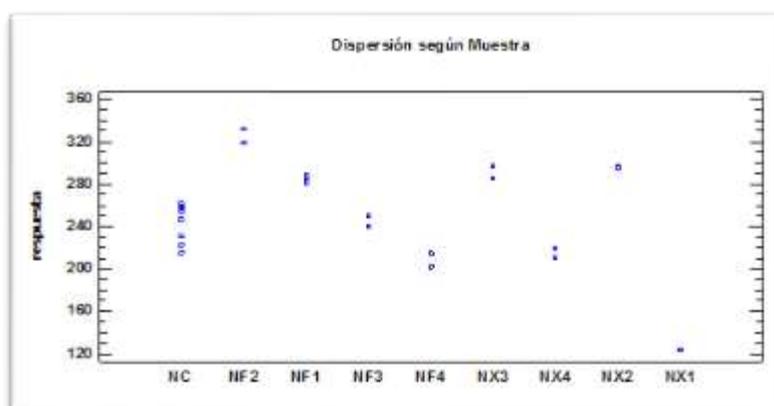


Figura N° 5: Dispersión de la muestra.

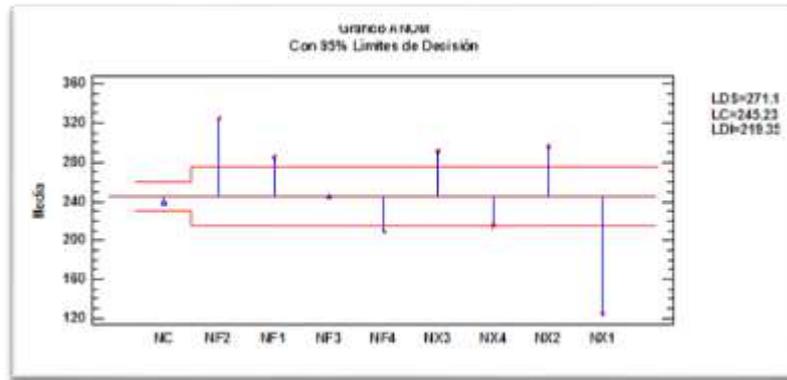


Figura N° 6: Límites de decisión.

Conclusión. Por la evidencia encontrada se concluye que la segunda hipótesis específica planteada es correcto.

4.3 DISEÑO FACTORIAL 2^k CENTRADO ROTACIONAL

El diseño factorial 2^k centrado rotacional, que utiliza la metodología de la superficie de respuesta, con lo cual se establece una ecuación de regresión aprovechando los datos generados con los ensayos realizados, cuyo R-Cuadrada indica que el modelo, explica el 75.68% de la variabilidad en Y (niveles de Resistencia). El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 29.11. El error medio absoluto (MAE) de 21.17 es el valor promedio de los residuos.

Tabla N° 25: Análisis de Varianza para Y (Niveles de Resistencia)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:X1	17516.0	1	17516.0	20.67	0.0003
B:X2	25630.4	1	25630.4	30.24	0.00001
AA	3307.75	1	3307.75	3.90	0.0637
AB	7.1442	1	7.1442	0.01	0.9279
BB	392.625	1	392.625	0.46	0.5048
Error total	15256.3	18	847.57		
Total (corr.)	62739.2	23			

➤ R-cuadrada = 75.68 %

- Error estándar del estimado. = 29.11
- Error absoluto medio = 21.17

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Y (niveles de resistencia) en forma independiente para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 26: Coeficiente de regresión para Y (Niveles de Resistencia)

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	238.205
A:X1	-33.087
B:X2	-40.0238
AA	16.0754
AB	0.945
BB	-5.53841

En el cuadro de arriba se muestra los coeficientes de la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo cuadrático ajustado es para una bolsa de cemento de 42.5Kg equivalente a 1 pie³.

$$Y = 238.205 - 33.087*X1 - 40.0238*X2 + 16.0754*X1^2 + 0.945*X1*X2 - 5.53841*X2^2 \quad \dots(1)$$

$$Y = 4521.67 - 42.0158*X1 - 19.113*X2 + 0.104316*X1^2 - 0.00762142*X1*X2 + 0.65121*X2^2 \quad \dots(2)$$

$$Y = 4505.76 - 1778.66*X1 - 19.1308*X2 + 187.653*X1^2 - 0.32391*X1*X2 + 0.652994*X2^2 \quad \dots(3)$$

En donde la ecuación **(1)** corresponde a los valores codificados, la ecuación **(2)** corresponde a los valores en kilogramos (hormigón) y pulgadas (slump), y la ecuación **(3)** corresponde a los valores en pie³ (hormigón) y pulgadas (slump). Sabiendo que X1 representa al Hormigón y X2 representa al Slump.

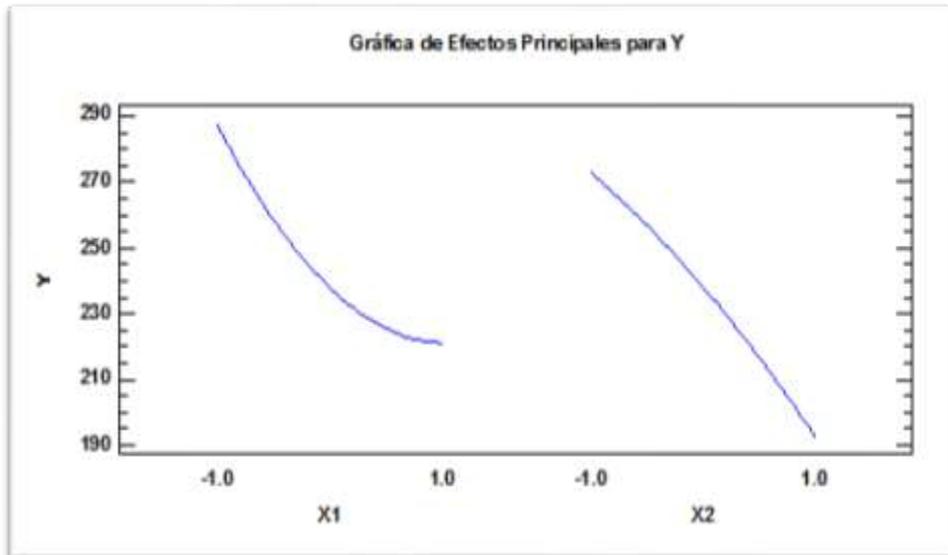


Figura N° 7: Efectos principales para Y.

Los efectos principales analizados muestran una tendencia negativa, esto quiere decir que el incremento en los factores produce resultados inversamente proporcionales en la variable de respuesta.

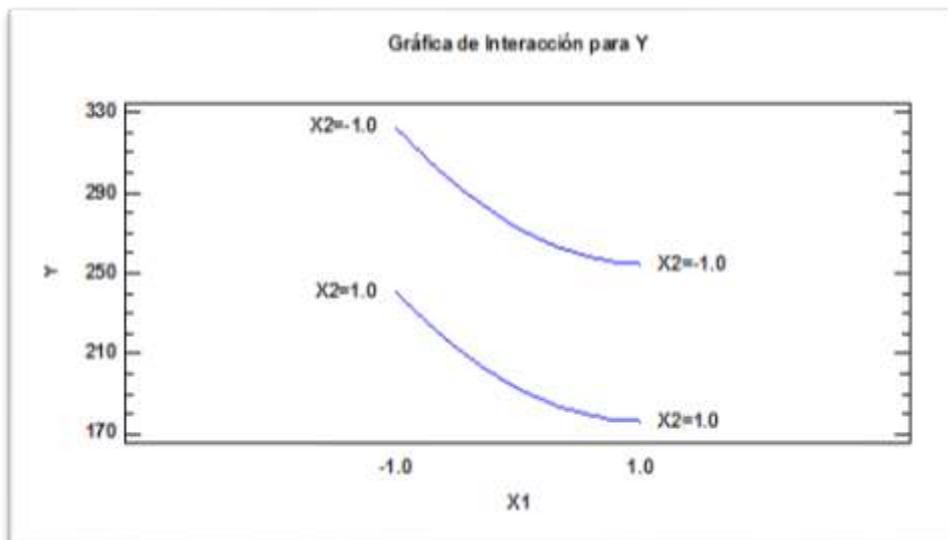


Figura N° 8: Interacción para Y.

La interacción de los factores independientes no es significativa en la variable de respuesta Y, tal como se muestra en la Figura N° 8.

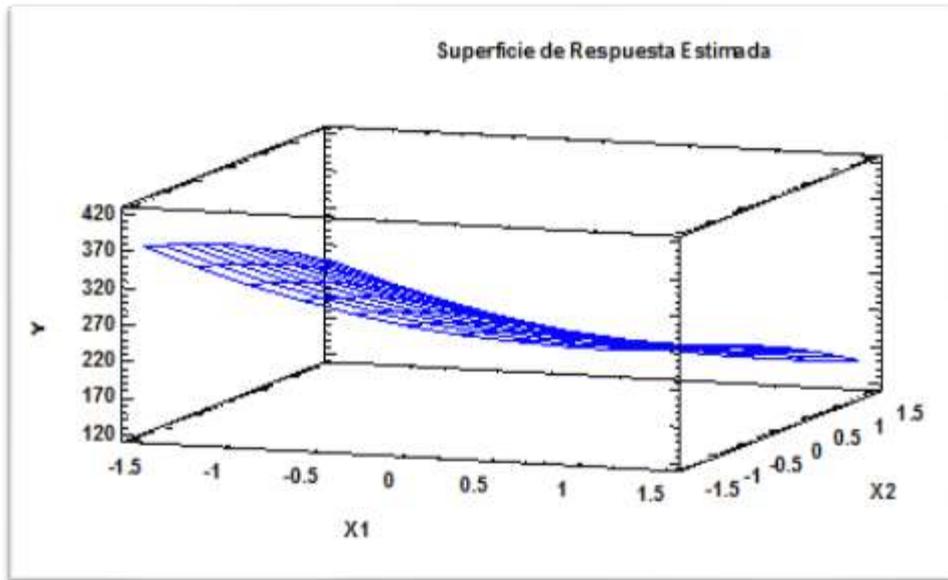


Figura N° 9: Superficie de respuesta estimada para Y.

La Figura N° 9, muestra la superficie de respuesta generada para los ensayos de compresión mecánica realizada a los 28 días de vaciado las briquetas, cuya ecuación cuadrática tiene los coeficientes especificados en la tabla N° 26, dicha ecuación de regresión se utiliza para poder encontrar la dosificación requerida para la mezcla del concreto dentro del rango evaluado.

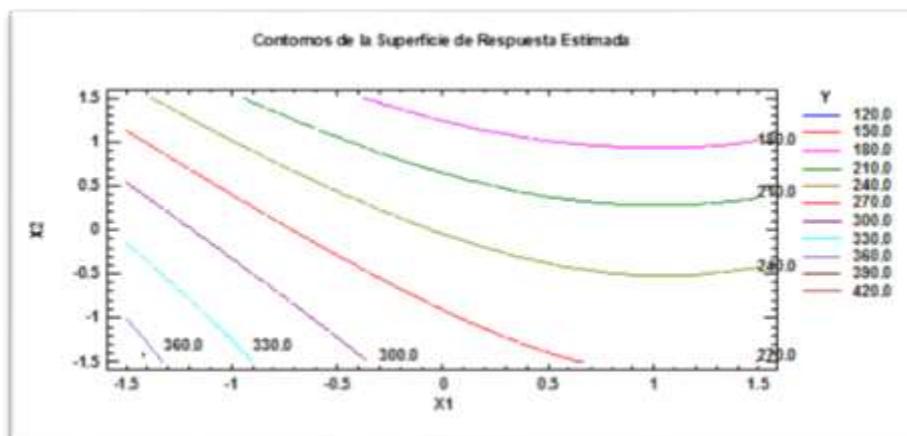


Figura N° 10: Contornos de la superficie de respuesta.

Los contornos de la superficie de respuesta es la representación en planta de la superficie de respuesta con los valores correspondientes en ella.

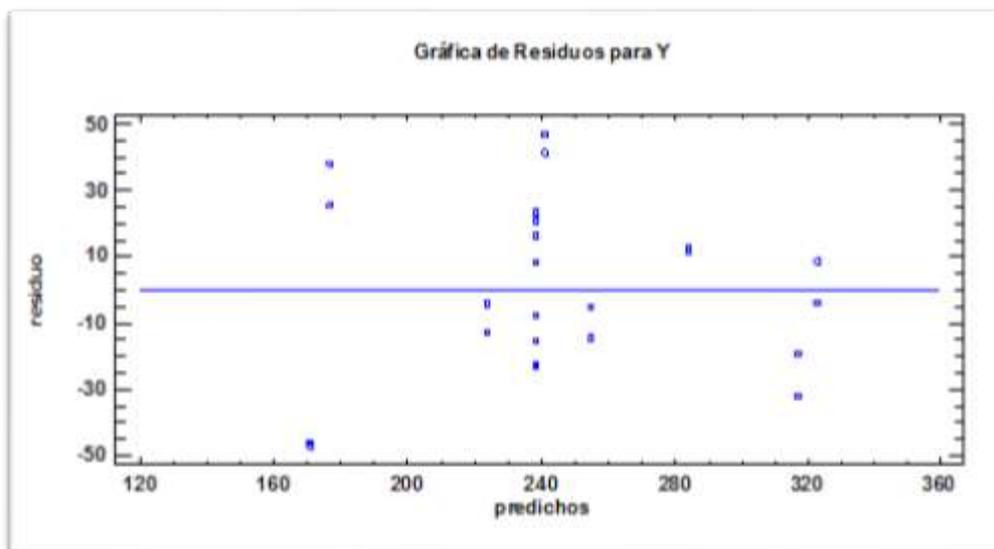


Figura N° 11: Distribución de los residuos.

Graficando los residuales, podemos apreciar que si estos tienen una aleatoriedad completa, entonces el modelo propuesto es el adecuado.

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Figura N° 4, se puede observar la variabilidad de las resistencias a la compresión mecánica de las briquetas; para el tratamiento de la muestra NX1 presenta la menor resistencia a la compresión, siendo su valor de 124 Kg/cm², con una relación agua/cemento de 0.54, y un slump de 9 pulgadas, esta muestra se asemeja a las mezclas de concreto preparado por los albañiles y maestros, que se dedican a la construcción de las viviendas. El Reglamento Nacional de Edificaciones establece una resistencia mínima de 210 Kg/cm², para elementos estructurales como columnas, vigas, losas y escaleras para garantizar la seguridad de los habitantes y pobladores aledaños a la vivienda frente a eventos de riesgo de la naturaleza.

Según la Figura N° 3, las muestras correspondientes a NX3, NC1, NC2, NC3, NC4, NX4, NF1 y NF4, tienen una relación agua/cemento de entre 0.41 a 0.49 y que varían su slump de 5 a 7.83 pulgadas. Estas muestras son mezclas trabajables de consistencia plástica a fluida y sus resistencias a la compresión

mecánica está dentro de lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Por otro lado en la Figura N° 3 las muestras NF2, NX2 y NF3, son mezclas secas, y no son muy trabajables, por lo que su uso es limitado.

En un estudio realizado por el investigador Rafael Cachay Huaman, titulado Diseño de Mezclas por el método del agregado global y módulo de finura para concretos de mediana a alta resistencia, realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería presenta resistencias a la compresión mecánica de 337.2 Kg/cm² para una relación de agua/cemento de 0.55, usando piedra chancada como agregado del concreto con un módulo de fineza global de 5.32; y para un módulo de fineza de 5.89 con una relación de agua/cemento de 0.40 obtiene una resistencia a la compresión mecánica de 373.7 Kg/cm².

Para una relación de agua/cemento de 0.41 en las muestras analizadas con un módulo de finura de 5.82, y un slump de 5 pulgadas se obtiene una resistencia a la compresión mecánica de 291 Kg/cm² (NX3), con hormigón como agregado del concreto, evidenciando de esta manera la importancia de usar agregados de cara fracturada por qué éstos tienen mayor adherencia y por consiguiente ofrecen mayor resistencia a la compresión mecánica.

Finalmente indicar que los resultados de los ensayos de NC1, NC2, NC3 y NC4, muestran resistencias superiores a 210 Kg/cm², lo que nos indica que el diseño de mezcla elaborado con el procedimiento de la metodología del ACI, es eficaz con la utilización del hormigón como agregado del concreto.

CONCLUSIONES

PRIMERO. En base a los resultados obtenidos, se evidencia que el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. varía significativamente con la aplicación del diseño de mezcla convencional con hormigón para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani con un nivel de significancia del 5%.

SEGUNDO. En base a los resultados obtenidos, se evidencia que el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. varía significativamente con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla del concreto convencional para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Macusani con un nivel de significancia del 5%.

TERCERO. El método de diseño y dosificación del ACI (Instituto Americano del Concreto), es eficaz en el diseño de mezcla para concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. en las probetas de estudio realizados.

CUARTO. Con los ensayos realizados de los tratamientos se conoció los niveles de resistencia planteados en los objetivos específicos para un concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y su respectiva variación en la dosificación del hormigón.

QUINTO. El diseño experimental factorial 2^k centrado rotacional nos permite optimizar la dosificación haciendo uso de la ecuación de la regresión generada con los resultados de las muestras ensayadas en laboratorio para el uso del hormigón proveniente de la cantera jurisdicción como agregado global del concreto.

RECOMENDACIONES

PRIMERO. Es necesaria la revisión del Reglamento Nacional de Edificaciones para el cumplimiento de lo especificado y poder adecuar metodologías que nos permitan hacer uso de nuestro agregado en la preparación del concreto.

SEGUNDO. La obtención de un concreto de óptima calidad en el campo, es el propósito esencial del diseño de mezcla, y para lograr este fin a través de la presente investigación se ha podido plantear la ecuación del modelo cuadrática con la cual se puede estimar la dosificación del hormigón-X1 (pie³) y el slump-X2 (pulg) para una un pie³ de cemento es decir una bolsa de 42.5 Kg con un módulo de finura global de 5.82 del hormigón, que presente la resistencia requerida establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones, dicha ecuación es la siguiente:

$$Y = 4505.76 - 1778.66*X1 - 19.1308*X2 + 187.653*X1^2 - 0.32391*X1*X2 + 0.652994*X2^2$$

TERCERO. Tomar conciencia por parte de los propietarios y maestros de obra encargados de la construcción de las viviendas a respetar y cumplir las especificaciones establecidas para la dosificación del concreto, verificar in situ el Slump de la mezcla de concreto fresco, para de esta manera estar dentro del límite de los niveles de las resistencias de lo que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones.

CUARTO. Con la presente investigación se tiene como aporte; el uso del hormigón en la preparación del concreto como agregado global, el cual no está contemplado su uso en el Reglamento Nacional de edificaciones para resistencias superiores a 100 Kg/cm², evidenciando en base a los resultados obtenido que su uso es posible en elementos estructurales.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. ANTONIO BUENO LAZO (2003). Optimización de Diseños Experimentales Aplicados a la Investigación de Ciencias e Ingeniería. Perú.
2. ALAEJOS P., FERNÁNDEZ M. (1996). High-Performance Concrete: Requirements for Constituent Materials and Mix Proportioning. ACI Materials Journal. U.S.A.
3. BOTTARO D. (2003). Guía Práctica de Ensayos de Materiales de construcción. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
4. CHAN P. (1993). Quantitative Analysis of Aggregate Shape Based on Fractals. ACI Materials Journal. U.S.A.
5. CERÓN M., DUARTE F., CASTILLO W. (1996). Propiedades Físicas de los Agregados Pétreos de la Ciudad de Mérida. Boletín Académico FIUADY. México.
6. ENRIQUE PASQUEL CARBAJAL (1993). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Consejo Departamental de Lima. Capítulo de Ingeniería civil. Perú.
7. KOSMATKA S., PANARESE W. (1992). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. IMCYC. México.
8. LIBIA GUTIÉRREZ DE LÓPEZ (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Centro de Publicaciones. Segunda Edición.
9. NEL QUEZADA LUCIO (2010). Metodología de la Investigación. Editorial Macro. Lima-Perú.

10. NEVILLE A. (1999). Tecnología del concreto. IMCYC. México.
11. ORLANDO GIRALDO BOLIVAR I.C. (2006). Dosificación de Mezclas de Hormigón. Métodos: ACI 211.1, Weymouth, Fuller, Bolomey, Faury. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Escuela de Ingeniería Civil. Medellín.
12. ÖZTURAN T., CECEN C. (1997). Effect Coarse Aggregate Type on Mechanical Properties of Concretes with Different Strengths. U.S.A.
13. PALBOL L. (1996). Optimización de los Agregados para Concreto. Construcción y Tecnología. México.
14. PORRERO, JIMÉNEZ, RAMOS, GRACES Y VELAZCO (1996). Manual del Concreto. Caracas. Venezuela.
15. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (2011). Tercera Edición. Perú.
16. URIBE R. (1991). El control de Calidad en los Agregados para Concreto. Construcción y Tecnología. México.

ANEXOS

Tabla N° 27: Ficha de registro de resultados de laboratorio.

ENSAYO O TRATAMIENTO	D1 (cm)	Fuerza1 (Kg)	RESISTENCIA. 01 (Kg/cm ²)	D2 (cm)	Fuerza2 (Kg)	RESISTENCIA 02 (Kg/cm ²)	PROMEDIO RESISTENCIA (Kg/cm ²)
NF2							
NF1							
NF3							
NF4							
NC1							
NC2							
NC3							
NC4							
NX2							
NX1							
NX3							
NX4							

Tabla N° 28: Operacionalidad de las variables.

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	VALORACION	ITEM	CODIFICACION	TECNICA	INSTRUMENTO
VARIABLES INDEPENDIENTES (X) Diseño de mezcla para concreto convencional $f'c=210$ kg/cm ²	Hormigón	Kg	%	H1 H2 H3 H4 H5	-1.414 -1 0 1 1.414	Diseño factorial 2 ^k Centrado Rotacional	Fichas de Registro de combinaciones
	Cemento (constante)	Kg	%				
	slump	pulg	%	A1 A2 A3 A4 A5	-1.414 -1 0 1 1.414		
VARIABLES DEPENDIENTES (Y) Resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m.	Niveles de Resistencia.	kg/cm ²		NF1 NF2 NF3 NF4 NC1 NC2 NC3 NC4 NX1 NX2 NX3 NX4	Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 Y12	Ensayo de rotura de briquetas en laboratorio	Fichas de Registro de resultados de laboratorio

Tabla N° 29: Matriz de proyecto de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	TECNICA E INSTRUMENTO	VALORACION
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la eficacia del diseño de mezcla para concreto convencional $f'c=210$ kg/cm², en la resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. - Macusani 2015?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la eficacia del diseño de mezcla para concreto convencional $f'c=210$ kg/cm², en la resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. - Macusani 2015</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL Los diseños de mezcla para concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² con hormigón varían significativamente su resistencia a 4315 m.s.n.m. - Macusani 2015.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Diseño de mezcla para concreto convencional $f'c=210$ kg/cm²</p>	Slump	Pulg	Diseño factorial y Fichas de Registro de combinaciones	%
				Cemento	Kg		%
				Hormigón	Kg		%
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Cómo es el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. con la aplicación del diseño de mezcla de concreto convencional con hormigón para un $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Macusani 2015?</p> <p>¿Cómo es el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla de concreto convencional para un $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Macusani 2015?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS Conocer el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m con la aplicación del diseño de mezcla de concreto convencional con hormigón para un $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Macusani 2015.</p> <p>Conocer el nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla de concreto convencional para un $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Macusani 2015.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECIFICOS El nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m varia significativamente con la aplicación del diseño de mezcla convencional con hormigón para un $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Macusani 2015.</p> <p>El nivel de resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m. varia significativamente con la variación de la cantidad de hormigón a partir de un diseño de mezcla de concreto convencional para un $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Macusani 2015.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Resistencia del concreto a 4315 m.s.n.m.</p>	Niveles de Resistencia	kg/cm ²	Ensayo de rotura de briquetas en laboratorio y Fichas de Registro de resultados de laboratorio.	kg/cm ²

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO.



TRANSPORTE DE HORMIGÓN



HORMIGÓN ACUMULADO



TRANSLADO DE HORMIGÓN PARA LA MEZCLA



CEMENTO PORTLAND TIPO IP



DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN PARA LA MEZCLA



DOSIFICACIÓN DE AGUA PARA LA MEZCLA



VERTIDO DE LOS COMPONENTES EN LA MEZCLADOR



MEZCLADO DEL CONCRETO



NNX1: CONTROL DE SLUMP PARA 9 PULGADAS



NC1: CONTROL DE SLUMP PARA 5 PULGADAS



NC2: CONTROL DE SLUMP PARA 5 PULGADAS



NC3: CONTROL DE SLUMP PARA 5 PULGADAS



NX2: CONTROL DE SLUMP PARA 1 PULGADAS



NC4: CONTROL DE SLUMP PARA 5 PULGADAS



NF1: CONTROL DE SLUMP PARA 7.83 PULGADAS



NF2: CONTROL DE SLUMP PARA 2.17 PULGADAS



NF3: CONTROL DE SLUMP PARA 2.17 PULGADAS



NX3: CONTROL DE SLUMP PARA 5 PULGADAS



NF4: CONTROL DE SLUMP PARA 7.83 PULGADAS



NX4: CONTROL DE SLUMP PARA 5 PULGADAS



MOLDEADO DEL CONCRETO FRESCO EN BRIQUETERA



SECADO DE LAS BRIQUETAS PARA PRUEBA DE ROTURA



PREPARACIÓN DE LAS BRIQUETAS PARA ROTURA



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE LAS BRIQUETAS



BRIQUETAS DESPUES DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Tabla N° 30: Resultados a la prueba de compresión a los 07 días

CODIGO	HORMIGON (X1)	SLUMP (X2)	ESFUERZO "Y" (Kg/cm2)	DIAMETRO-1 (cm)	FUERZA-1 (Kg)	ESFUERZO-1 (Kg/cm2)	DIAMETRO-2 (cm)	FUERZA-2 (Kg)	ESFUERZO-2 (Kg/cm2)
NF2	-1	-1	207	14.85	34980	201.96	14.92	36930	211.23
NF1	-1	1	182	15.13	31570	175.59	15.10	33680	188.07
NF3	1	-1	175	14.98	30670	174.02	15.05	31180	175.27
NF4	1	1	139	15.18	24250	133.99	14.95	25150	143.27
NX3	-1.414	0	170	15.00	29530	167.11	14.94	30230	172.44
NX4	1.414	0	141	15.02	25910	146.23	14.69	23120	136.41
NX2	0	-1.414	208	14.95	35750	203.66	15.18	38480	212.62
NX1	0	1.414	88	15.21	16380	90.15	15.06	15130	84.94
NC1	0	0	125	15.19	23340	128.79	14.92	21300	121.83
NC2	0	0	147	14.88	25500	146.64	15.10	26240	146.53
NC3	0	0	151	14.86	25580	147.49	14.93	26930	153.82
NC4	0	0	147	14.88	26540	152.62	14.85	24650	142.32

Tabla N° 31: Resultados a la prueba de compresión a los 14 días

CODIGO	HORMIGON (X1)	SLUMP (X2)	ESFUERZO "Y" (Kg/cm2)	DIAMETRO-1 (cm)	FUERZA-1 (Kg)	ESFUERZO-1 (Kg/cm2)	DIAMETRO-2 (cm)	FUERZA-2 (Kg)	ESFUERZO-2 (Kg/cm2)
NF2	-1	-1	290	14.75	49850	291.74	15.06	51340	288.21
NF1	-1	1	225	15.17	40220	222.53	15.07	40440	226.72
NF3	1	-1	227	14.94	39610	225.95	14.89	39570	227.24
NF4	1	1	165	15.10	30860	172.33	15.15	28420	157.66
NX3	-1.414	0	179	14.88	30680	176.42	14.89	31450	180.61
NX4	1.414	0	159	14.86	25910	149.40	14.91	29440	168.61
NX2	0	-1.414	233	15.28	42420	231.33	15.22	42540	233.82
NX1	0	1.414	114	15.17	21080	116.63	15.12	20130	112.11
NC1	0	0	204	14.83	35860	207.60	14.88	34720	199.66
NC2	0	0	219	15.07	37750	211.64	14.83	39210	227.00
NC3	0	0	216	14.86	37020	213.46	14.88	38030	218.69
NC4	0	0	212	15.06	36760	206.36	14.98	38260	217.09

Tabla N° 32: Resultados a la prueba de compresión a los 28 días

CODIGO	HORMIGON (X1)	SLUMP (X2)	ESFUERZO "Y" (Kg/cm2)	DIAMETRO-1 (cm)	FUERZA-1 (Kg)	ESFUERZO-1 (Kg/cm2)	DIAMETRO-2 (cm)	FUERZA-2 (Kg)	ESFUERZO-2 (Kg/cm2)
NF2	-1	-1	325	14.75	56660	331.59	15.06	56810	318.92
NF1	-1	1	285	15.17	50990	282.11	15.07	51340	287.83
NF3	1	-1	245	14.94	42120	240.27	14.89	43480	249.69
NF4	1	1	208	15.20	36680	202.14	15.12	38570	214.81
NX3	-1.414	0	291	15.02	50480	284.90	14.98	52480	297.77
NX4	1.414	0	215	14.93	36890	210.72	14.89	38190	219.32
NX2	0	-1.414	296	15.20	53610	295.44	15.25	54170	296.57
NX1	0	1.414	124	15.14	22400	124.42	14.92	21570	123.37
NC1	0	0	219	14.87	38640	222.50	15.01	38160	215.65
NC2	0	0	254	14.79	44930	261.52	14.89	42900	246.36
NC3	0	0	257	14.95	45450	258.92	14.88	44300	254.75
NC4	0	0	223	15.10	38520	215.10	14.90	40250	230.84