

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“RESISTENCIA Y COSTO DEL CONCRETO PREMEZCLADO Y DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA, EN FUNCIÓN AL VOLUMEN DE VACIADO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: DENIS DILBER GUEVARA DÍAZ

ASESOR: M.Cs. Ing. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA

Cajamarca - Perú
Diciembre, 2014

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada:

A Carmen Rosa (mi madre) y José Santos (mi padre, en el cielo); quienes con su ejemplo me inculcaron el deseo de superación.

A Rony (mi hermano); quien me ha enseñado que con apoyo, comprensión, amistad y cariño mutuo se logran obtener los verdaderos hermanos, sin importar las circunstancias.

A Yasmín y Matthew (mis queridos sobrinos); pequeños que dan grandes alegrías.

Denis D. Guevara Díaz

AGRADECIMIENTO

A Dios, mis padres, hermanos, amigos y demás familiares; todos aquellos que en algún momento me brindaron su apoyo para poder lograr mis metas trazadas; tengan presente que siempre estaré agradecido con cada uno de ellos.

Agradecimiento especial a Carmen Rosa (mi madre), quien con su ejemplo de fuerza y coraje me enseñó a luchar en la vida y a José Santos (mi padre, a quien Dios tenga en su gloria), por ser una gran persona conmigo; con ellos estaré profundamente agradecido toda mi vida.

Agradecimiento especial a mi hermano Rony y su esposa Marina, quienes por su apoyo han sido uno de los pilares fundamentales para lograr mis objetivos. También hago extensivo el agradecimiento a Dilbe S. mi gran amigo y colaborador en la tesis.

A mi asesor de tesis: M.Cs. Ing. Héctor Pérez Loayza, por su apoyo en el desarrollo de la investigación.

A mi alma máter "UNC", mi gloriosa Escuela de Ingeniería Civil y docentes; por brindarme sus conocimientos.

Denis D. Guevara Díaz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1.1 Antecedentes internacionales	4
2.1.2 Antecedentes a nivel nacional	6
2.1.3 Antecedentes a nivel local	6
2.2 BASES TEÓRICAS	7
2.2.1 Naturaleza del concreto.....	7
2.2.1.1 Definición del concreto.....	7
2.2.1.2 Ventajas y limitaciones del concreto.....	7
2.2.2 Componentes del concreto.....	8
2.2.2.1 Cemento portland	8
2.2.2.1.1 Tipos de cementos portland	8
2.2.2.1.2 Almacenamiento del cemento	11
2.2.2.2 Agregados	11
2.2.2.2.1 Propiedades de los agregados	11
2.2.2.2.2 Clasificación de los agregados	13
2.2.2.2.3 Control de calidad de los agregados.....	15
2.2.2.3 Agua	16
2.2.2.3.1 Consideraciones en el empleo del agua	16
2.2.2.3.2 Requisitos del agua según el comité 318 del ACI.....	17
2.2.2.4 Aditivos	17
2.2.3 Tipos de concreto	18
2.2.3.1 Concreto hecho al pie de obra (concreto normal).....	18
2.2.3.2 Concreto especial premezclado.....	19
2.2.3.2.1 Mezcladores.....	19
2.2.3.3 Elección del tipo de concreto	20
2.2.4 Propiedades del concreto.....	21

2.2.4.1	Propiedades del concreto fresco	21
2.2.4.1.1	Segregación.....	21
2.2.4.1.2	Exudación	22
2.2.4.1.3	Trabajabilidad	23
2.2.4.1.4	Estabilidad	25
2.2.4.1.5	Compactabilidad	25
2.2.4.1.6	Movilidad.....	26
2.2.4.1.7	Cohesividad	26
2.2.4.1.8	Plasticidad.....	26
2.2.4.1.9	Consistencia o slump.....	26
2.2.4.1.10	Densidad y peso unitario.....	27
2.2.4.1.11	Temperatura del concreto	28
2.2.4.2	Propiedades del concreto endurecido	28
2.2.4.2.1	Resistencia	29
2.2.4.2.2	Elasticidad.....	31
2.2.4.2.3	Extensibilidad.....	32
2.2.5	Control de calidad del concreto	32
2.2.5.1	Control estadístico de datos	33
2.2.5.2	Análisis estadístico del total de datos	33
2.2.6	Consideraciones de aceptación del concreto	37
2.2.7	Requisitos de resistencia que debe tener el concreto	38
2.2.8	Vida útil del concreto	38
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	39
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		42
3.1	DATOS GENERALES PREVIOS	42
3.1.1	Ubicación temporal.....	42
3.1.2	Ubicación geográfica	42
3.1.3	Definición de las muestras	44
3.1.4	Zonas de muestreo.....	45
3.2	PROCEDIMIENTO DESARROLLADO	45
3.2.1	Obtención de datos de campo.....	45
3.2.2	Muestreo del concreto fresco	46
3.2.3	Prueba de revenimiento o asentamiento	47
3.2.4	Elaboración y curado de probetas	49

3.2.5	Determinación de la resistencia a compresión	51
3.3	TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	52
3.3.1	Determinación de la resistencia del concreto	52
3.3.2	Análisis estadístico de la resistencia de concreto.....	53
3.3.3	Determinación del costo del concreto.....	53
3.3.4	Comparación y análisis del concreto por costos y resistencia.....	53
CAPÍTULO IV.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
4.1	EVALUACIÓN DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA.....	54
4.1.1	Datos generales de las muestras obtenidas.....	54
4.1.2	Factores influyentes en la resistencia del concreto	55
4.1.2.1	Tipo de asesoría y calidad de mano de obra utilizada	57
4.1.2.2	Materiales utilizados en la elaboración del concreto.....	58
4.1.2.2.1	Agua utilizada	58
4.1.2.2.2	Cemento utilizado	59
4.1.2.2.3	Agregados utilizados.....	60
4.1.2.3	Dosificación	63
4.1.2.4	Relación agua/cemento	64
4.1.2.5	Métodos de mezclado.....	64
4.1.3	Propiedades del concreto hecho al pie de obra fresco.....	65
4.1.3.1	Segregación.....	65
4.1.3.2	Asentamiento.....	65
4.1.3.3	Trabajabilidad	66
4.1.4	Propiedades del concreto hecho al pie de obra endurecido.....	66
4.1.4.1	Resistencia a la compresión	66
4.1.4.1.1	Resistencia a la compresión según dosificaciones	67
4.1.4.1.2	Resistencia a la compresión según función a cumplir	70
4.1.4.2	Análisis estadístico de la resistencia a compresión	72
4.1.4.3	Módulo de elasticidad	75
4.1.5	Determinación del costo del concreto hecho al pie de obra	76
4.1.5.1	Estimación de materiales por m ³ de concreto.....	77
4.1.5.2	Análisis de costos por m ³ de concreto.....	78
4.2	Evaluación concreto premezclado.....	80
4.2.1	Datos generales de las muestras obtenidas.....	80

4.2.2	Características del concreto premezclado muestreado	82
4.2.2.1	Materiales utilizados en la elaboración del concreto	83
4.2.2.2	Dosificación y elaboración del concreto	84
4.2.2.3	Tiempo de transporte	85
4.2.3	Propiedades del concreto premezclado fresco	85
4.2.3.1	Segregación	85
4.2.3.2	Asentamiento	85
4.2.3.3	Trabajabilidad	85
4.2.4	Propiedades del concreto premezclado endurecido	86
4.2.4.1	Resistencia a la compresión	86
4.2.4.2	Evaluación según los criterios normativos	89
4.2.4.3	Análisis en función de los parámetros estadísticos	91
4.2.4.4	Prueba de normalidad de resultados de resistencia	91
4.2.4.5	Análisis de la probabilidad de ocurrencia	93
4.2.4.6	Módulo de elasticidad	95
4.2.5	Determinación del costo del concreto premezclado	96
4.3	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES	97
4.3.1	Comparación en función a la resistencia lograda	97
4.3.2	Comparación en función a costos	98
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		103
5.1	CONCLUSIONES	103
5.2	RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		107
ANEXOS		109
A.	Tablas informativas para evaluar resultados	109
B.	Algunas propiedades de agregado global de cerro	112
C.	Algunas propiedades de agregado fino de cerro	116
D.	Algunas propiedades de agregado grueso de río	118
E.	Determinación de peso unitario del concreto fresco	120
F.	Gráficos de esfuerzo – deformación de ensayos a compresión	120
G.	Panel fotográfico	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01. Tipos de cemento portland normal.	9
Tabla N°02. Tipos de cementos portland adicionados.	10
Tabla N°03. Tipos de cementos portland adicionados por desempeño.	10
Tabla N°04. Requisitos para el agua de mezcla y curado.	17
Tabla N°05. Tipos de consistencia en función al Slump.	27
Tabla N°06. Valores de t en función de la probabilidades de ocurrencia por debajo del límite inferior y del % de pruebas dentro de los límites.	37
Tabla N°07. Datos generales del muestreo realizado del concreto hecho al pie de obra.	54
Tabla N°08. Datos tomados en campo durante el muestreo del concreto hecho al pie de obra.	56
Tabla N°09. Resumen de la cantidad de muestreos en función al tipo de agregados utilizados.	60
Tabla N°10. Comparación de la granulometría del agregado global de la cantera “el Gavilán” con el Huso indicado en la NTP 400.037- Anexo A.	62
Tabla N°11. Resumen de la cantidad de muestreos en función al modo de elaboración de la mezcla de concreto.	65
Tabla N°12. Resumen y clasificación de las mezclas en función al asentamiento medido en campo del concreto hecho al pie de obra.	66
Tabla N°13. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:9.	67
Tabla N°14. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:8.	68
Tabla N°15. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:4:4.	69
Tabla N°16. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:5:4.	69
Tabla N°17. Resistencias a compresión a los 28 días del total de muestreos del concreto hecho al pie de obra.	71
Tabla N°18. Resumen y clasificación de las resistencias a compresión del concreto hecho al pie de obra a los 28 días.	72

Tabla N°19. Resumen de los parámetros estadísticos calculados a partir de las resistencias a compresión del concreto hecho al pie de obra.	73
Tabla N°20. Módulos de elasticidad del concreto hecho al pie de obra.	76
Tabla N°21. Costo estimado del concreto hecho al pie de obra según elemento estructural.	80
Tabla N°22. Datos generales del muestreo realizado del concreto premezclado llegado a obra.	81
Tabla N°23. Datos tomados en campo durante el muestreo del concreto premezclado llegado a obra.	82
Tabla N°24. Resultados de ensayos a compresión del concreto premezclado a los 28 días.	87
Tabla N°25. Verificación de los criterios de la ASTM C-94 para la aceptación del concreto premezclado.	90
Tabla N°26. Resumen de los parámetros estadísticos calculados a partir de las resistencias a compresión del concreto premezclado.	91
Tabla N°27. Módulo de elasticidad del concreto premezclado.	96
Tabla N°28. Costo de la unidad cúbica de concreto premezclado.	97
Tabla N°29. Comparación de los parámetros estadísticos calculados a partir de las resistencias a compresión de los dos tipos de concreto evaluados.	97
Tabla N°30. Costos de concreto premezclado y concreto hecho al pie de obra para 10 m ³ de vaciado.	99
Tabla N°31. Husos granulométricos para el agregado global.	109
Tabla N°32. Husos granulométricos para el agregado grueso.	110
Tabla N°33. Tipo de gradación según peso retenido para determinar el número de esferas.	111
Tabla N°34. Número de esferas según tipo de gradación de material.	111
Tabla N°35. Resultados del análisis granulométrico del agregado global utilizado en el concreto hecho al pie de obra – Ensayo N°1.	112
Tabla N°36. Resultados del análisis granulométrico del agregado global utilizado en el concreto hecho al pie de obra – Ensayo N°2.	113
Tabla N°37. Resultados del análisis granulométrico del agregado global utilizado en el concreto hecho al pie de obra – Ensayo N°3.	114
Tabla N°38. Resistencia a la abrasión de agregado de la “Cantera el Gavilán – Cajamarca”.....	115

Tabla N°39. Contenido de humedad muestra arena de cerro “Cantera el Gavilán – Cajamarca”	116
Tabla N°40. Peso unitario seco suelto de muestra de arena de “Cantera el Gavilán – Cajamarca”.	116
Tabla N°41. Peso unitario seco compactado de muestra de arena de “Cantera el Gavilán – Cajamarca”.	117
Tabla N°42. Pesos específicos y absorción de muestra de arena de “Cantera el Gavilán – Cajamarca”.	117
Tabla N°43. Contenido de humedad de muestra piedra chancada de “Cantera el Rio Chonta – Cajamarca”.....	118
Tabla N°44. Peso unitario seco suelto de muestra de piedra chancada de “Cantera del río Chonta – Cajamarca”.	118
Tabla N°45. Peso unitario seco compactado de muestra de piedra chancada de “Cantera del río Chonta – Cajamarca”.	119
Tabla N°46. Pesos específicos y absorción de muestra de piedra chancada de “Cantera del río Chonta – Cajamarca”.	119
Tabla N°47. Cálculo del peso unitario de concreto hecho al pie de obra.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Ubicación de la zona de expansión urbana Mollepampa dentro de la ciudad de Cajamarca	43
Figura N°02. Cono de Abrams estándar.	48
Figura N°03. Procedimiento de ensayo de asentamiento.	49
Figura N° 04. Curva granulométrica N°1 del agregado global de cerro de “Cantera el Gavilán” respecto a los límites establecidos en la NTP 400.037 – Anexo A.	62
Figura N°05. Resistencias promedio del concreto hecho al pie de obra teniendo en cuenta las dosificaciones de obra.	70
Figura N°06. Resistencias logradas por el concreto hecho al pie de obra respecto de la resistencia evaluada.....	74
Figura N°07. Gráfica del asentamiento del concreto hecho al pie de obra medido en campo vs. la resistencia lograda a los 28 días.....	75
Figura N°08. Gráfica de prueba de normalidad de la resistencia a compresión de especímenes de concreto premezclado.....	92
Figura N°09. Histograma de resistencia a compresión de especímenes de concreto premezclado.....	92
Figura N°10. Gráfica de la probabilidad de ocurrencia por debajo de la resistencia evaluada a partir de la distribución normal.....	93
Figura N°11. Resistencias promedio individuales logradas por el concreto premezclado, respecto de la resistencia evaluada (resistencia de diseño).....	94
Figura N°12. Resistencias promedio móviles logradas por el concreto premezclado, respecto de la resistencia evaluada (resistencia de diseño).....	95
Figura N°13. Comparación de la resistencia promedio lograda con cada tipo de concreto, respecto a la resistencia evaluada.	98
Figura N°11. Comparación del costo del concreto hecho al pie de obra respecto al costo del concreto premezclado.....	100
Figura N°15. Comparación entre el costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra para 10 m ³ de vaciado en columnas.	101
Figura N°16. Comparación entre el costo del concreto premezclado y costo del concreto hecho al pie de obra para 10 m ³ de vaciado según elemento estructural.	101

Figura N°17. Curva granulométrica N°2 del agregado global de cerro de “Cantera el Gavilán” respecto a los límites establecidos en la NTP 400.037 – Anexo A.
..... 114

Figura N°18. Curva granulométrica N°3 del agregado global de cerro de “Cantera el Gavilán” respecto a los límites establecidos en la NTP 400.037 – Anexo A.
..... 115

RESUMEN

Es evidente el crecimiento acelerado de la ciudad de Cajamarca, en la zona de expansión Mollepampa existen numerosas edificaciones en proceso de construcción, siendo característico en todas ellas el uso del “concreto hecho al pie de obra”, el cual se presume que no cumple con los requerimientos de resistencia, esto debido a que se elabora sin control de calidad y con procedimientos inadecuados; una posible solución sería utilizar concreto premezclado, el cual se supone que es de buena calidad, lo que está sujeto a verificación en obra. Por lo tanto en la presente investigación se planteó determinar la resistencia y costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra, en función al volumen de vaciado. El “concreto hecho al pie de obra” se obtuvo en las construcciones de la zona de expansión Mollepampa, las muestras fueron extraídas de la misma mezcla de concreto utilizada en los elementos estructurales y el concreto premezclado fue producto de la planta de premezclado de Cementos Pacasmayo - DINO, cuando este llegó a obra; en ambos casos la resistencia de comparación fue 210 kg/cm^2 . Al finalizar la investigación se determinó que la resistencia del concreto premezclado en promedio alcanza 110% del $f'c$ evaluado, mientras que el “concreto hecho al pie de obra” en promedio solamente alcanza un 70.4%; sin embargo, en cuanto a costos es desventajoso el concreto premezclado, pues la diferencia es considerable, de 24% a 30% más que el costo del “concreto hecho al pie de obra” y esta diferencia no varía significativamente así el volumen de vaciado incrementa, esto se debe al bajo costo de agregados, los que son de mala calidad. Aunque por su costo no sea rentable, según análisis a partir de 5 m^3 de vaciado se recomienda utilizar concreto premezclado por resistencia y seguridad.

Palabras clave: Concreto, resistencia, costo, volumen, vaciado.

ABSTRACT

The increasing population of the city of Cajamarca is evident, in the expansion zone Mollepampa there are numerous buildings in process of construction, being characteristic in all of them the use of "concrete made in the same place", which it is supposed that it does not abide with the strength requirements, because it is produced without quality control and inadequate procedures; a possible solution would be to use ready-mixed concrete, which is supposed to be of good quality, which is submit to verification at work. Therefore in the present investigation was necessary to determine the resistance and cost of ready-mixed concrete and "concrete made in the same place", according to the void volume. The "concrete made in the same place", was obtained in the construction of the expansion zone Mollepampa, samples were taken from the same concrete mixture used in structural elements and ready-mixed concrete plant product was ready-mixed of Cementos Pacasmayo – DINO, when it came to work; in both cases the resistance comparison was 210 kg/cm². At the end of the investigation it was determined that the strength of concrete mix on average reaches 110% of f_c evaluated, while the "concrete made in the same place" on average only reaches 70.4%; however, about costs are in disadvantage the ready-mix concrete, because the difference is significant, of 24% to 30% more than the cost of "concrete made in the same place" and this difference does not vary significantly even when the void volume increase, this is due to the low cost of aggregates, which are of poor quality. Although cost is not profitable, according to analysis from 5 m³ drain is recommended mix concrete for strength and safety.

Keywords: Concrete, strength, cost, volume, emptying.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Es evidente que en Cajamarca, aparte de la minería, la industria de la construcción se ha convertido en uno de los sectores más dinámicos en los últimos tiempos, sin duda esto ha sido generado por el aumento de la población, la misma que en afán de satisfacer sus necesidades básicas de vivienda y otras, han generado un crecimiento acelerado de la ciudad, existiendo actualmente en las zonas de expansión (como el sector Mollepampa) numerosas edificaciones nuevas y otras en proceso de construcción, destacando principalmente viviendas y centros comerciales. Siendo característico en este tipo de edificaciones el uso frecuente del “concreto hecho al pie de obra” o concreto normal.

Existe evidencia estadística de que la mitad de los concretos normales, elaborados en obras menores (viviendas de hasta 100m² de uno o dos pisos de altura), no cumplen con requisitos mínimos de resistencia, estipulados por el Código Sísmico de Costa Rica (Aragón 2005). En el Perú y precisamente en la ciudad de Cajamarca no se cuenta con estudios que evidencien las deficiencias del concreto normal o “concreto hecho al pie de obra”, pero se presume que la situación es parecida, puesto que este tipo de concreto no se elabora con el debido control de calidad, por lo que lo más probable es que no cumpla con las especificaciones de resistencia y no garantice seguridad, por el contrario, generaría un riesgo latente, puesto que Cajamarca está ubicada en una zona III, según la zonificación sísmica del Perú.

Con el paso del tiempo y debido que el concreto es el material de mayor incidencia y prioridad en las edificaciones, se han desarrollado nuevas tecnologías para mejorar su calidad y propiedades mecánicas. En la actualidad, y desde hace ya mucho tiempo, existe el concreto premezclado en el mercado de Cajamarca, así como en muchas otras ciudades del Perú y del mundo. En otros países como Guatemala, los resultados del análisis estadístico de la resistencia a compresión indican que se produce un concreto homogéneo y con resistencia satisfactoria a lo exigido por el cliente (Irungaray 2007).

En Cajamarca existen plantas concreteras, entre ellas la de Cementos Pacasmayo, que abastece con este producto a los clientes que lo solicitan mediante unidades móviles adecuadas. El concreto premezclado que llega a obra, se asume que cumple con la resistencia especificada, aunque no siempre se realiza la respectiva verificación por parte del cliente, con algunas excepciones.

Conociendo estos antecedentes, se podría decir que con el uso del concreto premezclado se garantizaría la construcción de edificaciones con mayor seguridad, evitando a seguir aplicando procedimientos inadecuados que incrementan la informalidad en las construcciones; sin embargo, específicamente para de la ciudad de Cajamarca – Sector Mollepampa no se cuenta con una data que muestre con certeza en cuanto sería mejor usar el concreto premezclado teniendo en cuenta la resistencia a la compresión y el costo, antes que utilizar un “concreto hecho al pie de obra”.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores nos planteamos la siguiente ***pregunta: ¿Para qué volumen de vaciado, en función a resistencia y costo, resulta más favorable utilizar concreto premezclado que utilizar el concreto hecho al pie de obra?***

La hipótesis planteada es que: ***Cuando el volumen de vaciado es mayor a 10 m³, utilizar concreto premezclado es más favorable que utilizar el concreto hecho al pie de obra en cuanto a resistencia y costo.*** Siendo esta afirmación tema de contrastación.

Con la presente investigación se pretende evidenciar y contribuir con data sobre la situación real de la informalidad con la que se da el crecimiento de la ciudad de Cajamarca y plantear una solución efectiva, ayudando de alguna manera a evitar a que se sigan construyendo edificaciones inseguras, que generan riesgos futuros latentes, con consecuencias lamentables.

El presente estudio contempla la evaluación y comparación entre el concreto hecho al pie de obra y el concreto premezclado, por lo que existen muchas variables que podrían involucrarse, sin embargo se limita básicamente a

comparar su resistencia, analizando si esta se acerca a las solicitadas o especificadas y también el costo que implica el uso de cualquiera de estos dos tipos de concreto. Los resultados y conclusiones a las que se llegue después de realizar el presente estudio, serán válidos básicamente para la ciudad de Cajamarca - sector Mollepampa, aunque también podrían aplicarse para algunos lugares que tengan las mismas características, como vías de acceso y tiempos de transporte, lo que podrían influenciar en algunos parámetros del análisis económico.

El “concreto hecho al pie de obra” se obtendrá de las construcciones de la zona de expansión Mollepampa, las muestras serán extraídas de la misma mezcla de concreto utilizada en los elementos estructurales y el concreto premezclado será producto de la planta de premezclado de Cementos Pacasmayo - DINO, cuando este llegue a obra; en ambos casos la resistencia de comparación será 210 kg/cm².

El **objetivo principal** de la investigación es: **Determinar la resistencia y costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra, en función al volumen de vaciado**. Para lo cual es necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Verificar las propiedades y características del concreto fresco premezclado puesto en obra.
- Determinar los parámetros más importantes que influyen en la resistencia del concreto hecho al pie de obra.
- Verificar las propiedades y características del concreto fresco hecho al pie de obra.
- Determinar el costo de elaboración, transporte y colocación según tipo de concreto.
- Determinar el volumen de vaciado a partir del cual resulta rentable utilizar concreto premezclado que utilizar concreto hecho al pie de obra.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes históricos de la presente investigación se basarán en las normas establecidas por el ACI, ASTM y NTP aplicadas para concreto y también en otros estudios similares realizados principalmente en América Latina y sobre todo en el Perú.

El concreto es un material de uso masivo en la mayoría de edificaciones hoy en día, sin embargo este ha evolucionado con el paso del tiempo para tratar de superar algunos errores o resultados poco satisfactorios, en tal sentido se han introducido nuevas tecnologías.

El concreto hecho al pie de obra depende mucho de un buen control de calidad en su elaboración, pero generalmente esto no se tiene muy en cuenta, por lo que los resultados obtenidos con este tipo de concreto no son muy satisfactorios.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En un estudio realizado por Aragón (2005) en Costa Rica, se analizó la calidad de obras que se construyen en ese país, y sobre todo la calidad de concreto hecho al pie de obra, mediante un muestreo aleatorio en construcciones del área metropolitana, en el cual se determinó la calidad del concreto utilizado, midiendo la resistencia a compresión y el asentamiento mediante el cono de Abrams, determinando las prácticas constructivas que podrían afectar la calidad y planteando programas de mejora de procedimientos y capacitación de profesionales y/o técnicos para mejorar la calidad del concreto hecho al pie de obra. Se determinó finalmente con evidencia estadística, de que la mitad de concretos normales, elaborados en obras menores (viviendas de hasta 300 m² y uno o dos pisos), no cumplen con requisitos mínimos de resistencia, estipulados en la norma para ese país.

Al no obtenerse resultados que satisfacen las expectativas en cuanto a calidad al utilizar concretos elaborados in situ, se plantea el uso de nuevas tecnologías para producir concretos mejor elaborados, en tal sentido es que el uso del concreto premezclado es un poco más frecuente.

Un estudio realizado por Irungaray (2007) en Guatemala demuestra que el volumen de mezcla de concreto premezclado y su resistencia es satisfactorio a lo exigido por el cliente. Esta fue una investigación cuyo propósito fue evaluar el volumen y la calidad del concreto premezclado entregado en obra, de acuerdo con los procedimientos y especificaciones de la norma ASTM C-94 (Especificación estándar para concreto premezclado). Se realizaron treinta muestreos aleatorios en proyectos dentro del departamento de Guatemala. La muestra fue un concreto convencional con $f'c$ de 210 kg/cm², entregado en obra por los camiones mezcladores. A las mezclas de concreto, se evaluaron las características de peso unitario, asentamiento, contenido de aire, temperatura y resistencia a la compresión, para determinar el volumen real entregado y la calidad del concreto premezclado. La mayoría de los resultados obtenidos muestran que el concreto es fabricado de acuerdo con lo requerido por el cliente en volumen y calidad. Asimismo el análisis de los resultados estadísticos indica que se fabrica un concreto homogéneo con poca variabilidad en su resistencia.

Algunos investigadores han realizado estudios afines con el presente trabajo, en donde se realiza la comparación entre materiales prefabricados y elaborados in situ, analizando las ventajas y desventajas que se pueden tener al utilizarlos en construcciones. De la Sotta (2010) en Chile, realiza el análisis comparativo entre mortero de junta de albañilería fabricado en obra y mortero premezclado húmedo para albañilería, esto se realizó con la finalidad de conocer las diferencias que existen en calidad y costo entre estos dos tipos de morteros, lográndose determinar que el mortero premezclado resulta más ventajoso que el mortero fabricado en obra, en cuanto a calidad y propiedades físicas, sin embargo hay desventaja en cuanto a costos.

2.1.2 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

En el Perú, se ha realizado algunas investigaciones sobre el concreto premezclado a partir de la evaluación de la calidad del concreto que se produce, considerando sus características mecánicas. En Piura, Carrillo (2003) realizó el “Estudio comparativo entre tecnologías de producción de concreto: Mixer y Dispensador”. El objetivo principal fue analizar y evaluar comparativamente el comportamiento del concreto usando dos tecnologías de despacho; comprobando que con Dispensador se elaboran mezclas con asentamientos mayores que las mezclas elaboradas en Mixer y por consiguiente se produce algunas variaciones en la resistencia a pesar de ser diseños similares; según su análisis al obtener estos resultados y tratar de corregirlos se realiza algunas modificaciones en la relación a/c, alterándose ligeramente la cantidad de materiales, significando modificaciones en el costo de producción del concreto.

2.1.3 ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL

En Cajamarca Ávila y Castañeda (2003) realizaron un trabajo de investigación en el cual presentaron y aplicaron metodologías novedosas (para ese entonces), haciendo el control de calidad del concreto en obras civiles (obras ejecutadas en propiedad de la empresa minera Yanacocha S.R.L.), teniendo en cuenta las normas internacionales ASTM y ACI. Este trabajo se hizo con la finalidad de que los profesionales a nivel local y nacional tengan mayor conocimiento sobre la importancia de la aplicación de las normas de control de calidad del concreto, anteriormente mencionadas y los procedimientos del control estadístico de calidad SQC, puesto que existía muy poca difusión. En el estudio se pudo comprobar que teniendo en cuenta las consideraciones de las normas, se puede realizar un control de calidad adecuado, siendo esto muy útil para poder corregir algunas deficiencias en los materiales o para poder ratificar su buen estado y así garantizar la calidad de las obras.

Para la ciudad de Cajamarca, no existe un estudio específico similar al tema de la presente investigación, solo existen algunos indicios de que los resultados esperados en cuanto a resistencia son mejores utilizando concreto premezclado

que los resultados obtenidos con el concreto hecho al pie de obra; por lo que es necesario cuantificar estas diferencias, realizando un estudio para cada tipo de concreto, que permita determinar si a partir de algún volumen de vaciado, en función a resistencia y costo, resulta más favorable utilizar concreto premezclado que utilizar concreto hecho al pie de obra, en edificaciones ubicadas en la ciudad de Cajamarca - Sector Mollepampa.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 NATURALEZA DEL CONCRETO

2.2.1.1 DEFINICIÓN DEL CONCRETO

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado.

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste.

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes.

(Rivva, 2000)

2.2.1.2 VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL CONCRETO

A. VENTAJAS

- Su versatilidad, lo cual permite obtener las formas que se deseen.

- La posibilidad de fabricarlo en obra, como unidades vaciados en sitio o fuera de ella como unidades prefabricadas.
- El empleo de materiales locales, especialmente agregados y agua.
- Su bajo costo por unidad cúbica si se lo compara con el de otros materiales.

(Rivva, 2000)

B. LIMITACIONES

- Su baja resistencia a los esfuerzos de tracción, lo que obliga al empleo de acero de refuerzo.
- Su permeabilidad, debido a la presencia de poros capilares en la pasta.
- Sus cambios de volumen y longitud debidos a procesos de humedecimiento y secado. El concreto se contrae al secarse y se expande al humedecerse, generándose la posibilidad de agrietamiento.

(Rivva, 2000)

2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.2.1 CEMENTO PORTLAND

El cemento portland según la NTP 334.009:2013 (ASTM C 150/C 150M-12), es el cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

2.2.2.1.1 TIPOS DE CEMENTOS PORTLAND

La totalidad de los cementos utilizados en el Perú son cementos portland, tal como los especifica la norma ASTM C-150; o cementos combinados de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-595.

Todos estos cementos tienen variante, si se les añade aire incorporado (subfijo A), si se induce resistencia moderada a los sulfatos (subfijo M), o se modera el calor de hidratación (Subfijo H).

A. CEMENTO PORTLAND NORMAL

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta a las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker.

El cemento portland normal deberá cumplir con los requisitos indicados en la norma ASTM C-150 para los Tipos I, II, y V, los cuales se fabrican en el Perú. Alternativamente podrán emplearse los requisitos de las Normas NTP para cementos.

Tabla N°01. Tipos de cemento portland normal.

TIPO	DESCRIPCIÓN
Tipo I	Para uso general, donde no se requieran propiedades especiales.
Tipo II	A usar donde se requiera moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo III	A usar donde se requiera alta resistencia inicial. Tiene elevado calor de hidratación.
Tipo IV	A usar donde se requiera bajo calor de hidratación. Recomendable para concretos masivos.
Tipo V	Donde se requiera alta resistencia a los sulfatos. Recomendable para ambientes agresivos.

Fuente: Norma NTP 334.009:2013 (ASTM C 150/C 150M-12).

B. CEMENTO PORTLAND ADICIONADO

Según la NTP 339.047:2006 (Basada en ASTM C125-03 y ASTM C129-03) el cemento Portland adicionado es un producto obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y otros materiales denominados adiciones, como las puzolanas, escoria de filler con la adición eventual del sulfato de calcio. El contenido de adiciones puede ser limitado por la norma específica

correspondiente. La incorporación de adiciones contribuye a mejorar las propiedades del cemento.

Estos cementos pueden igualmente ser preparados por mezcla de los ingredientes molidos. En ambos casos deben cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C-595. En el campo de los cementos hidráulicos combinados, en el Perú se fabrican los cementos puzolánicos Tipos IP, I(PM), y IS.

Tabla N°02. Tipos de cementos portland adicionados.

TIPO	DESCRIPCIÓN
Tipo IS	Cemento Portland con escoria de alto horno.
Tipo IP	Cemento Portland puzolánico.
Tipo IL	Cemento Portland – Caliza.
Tipo I(PM)	Cemento Portland puzolánico – modificado.
Tipo IT	Cemento adicionado ternario.
Tipo ICo	Cemento Portland compuesto.

Fuente: NTP 334.090:2013 (ASTM C-595 / 595M-11).

Los cementos hidráulicos adicionados por desempeño son cementos adicionados para aplicaciones generales y especiales donde no existen restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos y calor de hidratación.

Tabla N°03. Tipos de cementos portland adicionados por desempeño.

TIPO	DESCRIPCIÓN
Tipo GU	Para uso en construcciones generales
Tipo HE	De alta resistencia inicial
Tipo MS	De moderada resistencia a los sulfatos
Tipo HS	De alta resistencia a los sulfatos
Tipo MH	De moderado calor de hidratación
Tipo LH	De bajo calor de hidratación

Fuente: NTP 334.080:2008 (ASTM C-1157).

2.2.2.1.2 ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO

El cemento puede ser almacenado por tiempo indefinido siempre que esté protegido de la humedad, incluida la del aire.

El tiempo de almacenamiento en sacos de papel es limitado, en climas húmedos o bajo condiciones de humedad ambiente, el cemento puede llenarse de trozos endurecidos en cuatro o seis semanas.

(Rivva, 2000)

2.2.2.2 AGREGADOS

Según la NTP 339.047, los agregados son un conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas para elaborar hormigón (concreto) y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites de la NTP 400.037.

La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor de un 60% a un 80% en volumen de una mezcla típica de concreto. Cuyas finalidades específicas son abaratar los costos de la mezcla y dotarla de ciertas características favorables dependiendo de la obra que se quiera ejecutar. (Lezama, 1996).

2.2.2.2.1 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc. A continuación detallamos alguna de ellas:

- Propiedades químicas
- Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia.
- Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado, peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

De acuerdo con la norma ASTM C-125, el tamaño máximo del agregado es la abertura del tamiz más pequeño a través del que la cantidad entera del agregado se exige pasar.

A mayor tamaño de la partícula de agregado será menor el área de superficie específica que se va a humedecer por unidad de masa (es decir, superficie específica). Así al extender la gradación del agregado hasta su tamaño máximo, se disminuirá el requerimiento de agua en la mezcla; y para una manejabilidad específica y riqueza de la mezcla, la relación agua/cemento puede reducirse, con el consiguiente incremento de la resistencia. Sin embargo, hay un límite al tamaño máximo del agregado, por encima del cual la disminución en la demanda de agua es contrarrestada por los efectos nocivos de una menor área de adherencia y la discontinuidad que introducen las partículas muy grandes. Por lo mismo, el concreto se vuelve exageradamente heterogéneo con la consiguiente disminución resistencia.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

De acuerdo con la norma ASTM C-125, el tamaño máximo nominal del agregado es la abertura del tamiz más pequeño a través del que la cantidad entera del agregado se permite pasar, al ser esta un definición idéntica a la de tamaño máximo del agregado; la misma norma plantea que algunas especificaciones definen al tamaño máximo nominal del agregado como el tamiz inmediatamente superior a aquel en el cual queda retenido un porcentaje establecido de agregado.

De acuerdo con la E.060, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- 1/5 de la menor separación entre lados de encofrado.
- 1/3 de la abertura de la losa, de ser el caso.

- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

2.2.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

La NTP 400.011:2008 rev 2013 es la encargada de definir y clasificar los agregados para uso en morteros y hormigones: Básicamente los agregados se clasifican de acuerdo a las siguientes características:

A. POR SU TAMAÑO

- **Agregado fino**, Es el agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8").
- **Agregado grueso**, es aquel material que no pasa por el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- **Agregado global**, es el material conformado por una mezcla de arena y grava, este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

B. POR SUS PROPIEDADES FÍSICAS

- **Agregado bueno**, aquel que por la superior calidad de sus constituyentes contribuye a una resistencia alta, tiene buena durabilidad bajo cualquier condición externa o interna, y es resistente a los procesos de erosión y abrasión.
- **Agregado satisfactorio**, aquel cuyos elementos contribuyen a una moderada resistencia del concreto; e igualmente dan a éste resistencia ante los procesos de erosión y abrasión, así como buena durabilidad bajo cualquier condición.

- **Agregado regular**, aquel cuyos constituyentes a obtener una moderada resistencia a la compresión y abrasión del concreto, pero bajo condiciones de clima pueden contribuir a su destrucción.
- **Agregado pobre**, aquel cuyos constituyentes son de baja calidad y contribuyen a obtener bajas resistencias mecánicas y de abrasión del concreto; e igualmente causan destrucción del concreto bajo condiciones climáticas adversas.

C. POR SUS PROPIEDADES QUÍMICAS

- **Agregados inocuos**, aquellos cuyos elementos constituyentes no participan en reacciones químicas dañinas al concreto.
- **Agregados deletéreos**, aquellos que contienen materiales que producen efectos adversos sobre el concreto debido a la reacción química que tiene lugar con posterioridad al endurecimiento de la pasta.

Las sustancias que se consideran deletéreas, en razón de sus susceptibilidad al ataque por álcalis presentes en el cemento, no son peligrosas si se emplean con cementos que contienen menos del 0.6% de álcalis totales (ASTM C-33).

D. POR SU PESO

- **Agregados pesados**, incluyen el espato pesado; la hematita, la magnetita; la limonita; la baritina etc. Los artificiales incluyen trozos de hierros, bolas de metal, virutas de acero, limaduras de hierro, etc.
- **Agregados de peso normal**, incluyen las arenas y cantos rodados de ríos o cantera, la piedra partida, etc. Entre los artificiales están las escorias de alto horno, el Clinker triturado, el ladrillo partido, etc.

- **Agregados livianos**, aquí se encuentran la escoria volcánica y la piedra pómez. Entre los artificiales el Clinker de altos hornos; la arcillas, pizarras y esquistos expandidos; la perlita, la vermiculita, etc.

E. POR SU PERFIL

- **Redondeado**, comprende aquellas partículas totalmente trabajadas por el agua o completamente perfiladas por desgaste o frotamiento, tal como la grava de río.
- **Irregular**, comprende las gravas naturalmente irregulares o parcialmente partidas por desgaste y tienen caras redondeadas, tales como las gravas de cantera de aluvión.
- **Laminado**, comprende aquellas partículas en las cuales el espesor es pequeño con relación a las otras dos dimensiones.
- **Angular**, comprende aquellas partículas cuyos ángulos son bien definidos y están formados por la intersección de las caras rugosas, aquí pertenece la piedra chancada.

2.2.2.2.3 CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS

El propósito principal del control de calidad del agregado es asegurar un material uniforme que cumpla con los requerimientos de las especificaciones de obra durante la producción del concreto.

Según Rivva, (2000) si la cantera seleccionada ha sido muestreada, ensayada y el material cumple con los requisitos de las especificaciones de la obra, el control de calidad se aplica a aquellas propiedades del agregado que podrían ser afectadas por el procesamiento.

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se

acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas Standard que miden estas propiedades de manera directa o indirecta, para compararlas con valores de referencia establecidos.

2.2.2.3 AGUA

El agua es un elemento indispensable en la elaboración de la mezcla de concreto ya que sirve para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. Esta agua debe cumplir ciertos requisitos para que no sea perjudicial al concreto.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto. Pero en cualquier caso el agua a usar en la mezcla debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088:2006.

El agua de mezcla tiene 3 funciones fundamentales como componente del concreto:

- 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.

2.2.2.3.1 CONSIDERACIONES EN EL EMPLEO DEL AGUA

No existe un patrón definitivo en cuanto a las limitaciones en composición química que debe tener el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.

La norma ACI 318 y la norma NTP 339.088:2006 establecen requisitos de calidad genéricos para el agua de mezcla.

Como referencia en cuanto a los límites permisibles en la composición química del agua tenemos la Norma Nacional NTP-339.088:2006, Que establece los requisitos para el agua de mezcla y curado, estos requisitos se muestran en la tabla siguiente.

Tabla N°04. Requisitos para el agua de mezcla y curado.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5 000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (NaHCO ₃)	1 000 ppm máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl)	1 000 ppm máximo
Ph	Entre 5.5 y 8.0

FUENTE: Norma NTP-339.088:2006.

2.2.2.3.2 REQUISITOS DEL AGUA SEGÚN EL COMITÉ 318 DEL ACI

El ACI en su Capítulo 3, acápite 3.4, fija los siguientes requisitos:

- El agua deberá estar limpia y libre de cantidades de sustancias nocivas.
- El agua que contengan elementos de aluminio embebidos, no deberá contener cantidades nocivas de ion cloruro.
- No deberá emplearse en el concreto, aguas no potables.

2.2.2.4 ADITIVOS

Un aditivo es definido por la NTP 339.047:2006 (Basada en ASTM C125-03 y ASTM C129-03), como un producto químico que añadido en pequeña cantidad al concreto, permite mejorar ciertas propiedades, cualidades deseadas, tanto para hormigón (concreto), en su estado fresco como endurecido. Se encuentra en el mercado en forma polvos solubles, escamas o soluciones.

Los aditivos se utilizan como componente del concreto con la finalidad de:

- Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se está efectuando.
- Facilitar su colocación.
- Reducir los costos de operación.

De acuerdo a sus efectos en el concreto, los aditivos están clasificados por la Norma ASTM C-494.

2.2.3 TIPOS DE CONCRETO

El concreto hoy en día es uno de los materiales más empleados en las construcciones, y para cada tipo de estructura existen diferentes tipos de concreto que pueden tener un mejor desempeño al elegir el tipo adecuado. Existen varios tipos de concreto que se conocen, entre ellos se conocen:

Concreto simple, concreto armado, concreto estructural, concreto ciclópeo, concretos livianos, concretos normales, concretos pesados, concreto masivo, concreto premezclado, concreto prefabricado, concreto bombeado.

Por su modo de fabricación se puede decir que existen concretos normales (concreto hecho al pie de obra) y concreto premezclados.

2.2.3.1 CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA (CONCRETO NORMAL)

Es un concreto normal, la mayor parte de concretos para construir edificaciones pequeñas y medianas se fabrica in situ, es decir, el concreto se elabora al pie de obra, e instantes después se realiza el vaciado en el encofrado del elemento en construcción. Debido a que generalmente las dosificaciones de los ingredientes del concreto se realizan por volúmenes, el resultado es que la mezcla no siempre resulta satisfactoria, generando posteriormente variaciones en las propiedades del concreto.

2.2.3.2 CONCRETO ESPECIAL PREMEZCLADO

Es el concreto que se dosifica en planta, en donde los ingredientes del concreto pasan por una selección de calidad exigente y las dosificaciones se realizan en peso, el mezclado se puede realizar en la misma planta o también en camiones mezcladores y es transportado a obra.

El concreto premezclado es uno de los materiales más versátiles en la industria de la construcción hoy en día. Las grandes obras de arquitectura como puentes, edificios altos y represas requieren de los más altos estándares de ingeniería. Con la ayuda de aditivos, el concreto es capaz de satisfacer dichos estándares.

Nuevas tecnologías como: Concreto de alta resistencia, concreto permeable, concreto auto-consolidable, y la aplicación de color y textura han aumentado el atractivo del concreto como material de construcción.

Las normas para el concreto premezclado son la NTP 339.114:2012 (Basada en ASTM C-94/C-94M-11b), en la cual se estipulan las condiciones que deben cumplir los materiales que se van a usar para el concreto refiriéndose a sus normas técnicas, requisitos para la calidad del concreto, tolerancias en el asentamiento, características generales de las plantas de dosificación y los tipos de mezclado.

2.2.3.2.1 MEZCLADORES

Según la NTP 339.114:2012 (Basada en ASTM C-94/C-94M-11b), los mezcladores pueden ser estacionarias o camiones mezcladores, ambos deberán ser capaces de obtener una mezcla homogénea en el tiempo establecido.

Existen tres sistemas de preparación de concreto premezclado:

- Concreto mezclado en planta.
- Concreto mezclado parcialmente en planta y terminado en tránsito.
- Concreto totalmente mezclado en el camión "Mixer".

A. CAMIÓN MEZCLADOR “MIXER”

Carrillo (2003) describe que el “Mixer” es un vehículo mezclador y transportador de concreto fresco que consta de una tolva rotatoria a velocidad variable de forma ovalada ubicada en la parte posterior del vehículo. La tolva consta de aspas helicoidales dobles de paso corto ubicadas en la parte lateral de la tolva., estas están construidos con la misma chapa utilizada en la fabricación del tambor. Presenta soldado en su extremo un refuerzo contra el desgaste fabricado con el mismo material. Las aspas helicoidales permiten la fácil recepción de los materiales de la planta dosificadora y la salida del concreto. Para mayor facilidad al despachar concreto, estas aspas helicoidales invierten su sentido. El sentido y la velocidad de rotación del tambor son obtenidos a través del mando que está compuesto de 3 palancas y 2 cabos de acero.

B. DISPENSADORES

Llamados en la Norma ASTM C-94 como, “Equipos de medición volumétrica y mezclado continuo”, son un tipo de mezcladores en que los materiales llegan secos a la obra y en compartimientos separados para finalmente llegar al lugar del vaciado ser mezclados en un tornillo de alta potencia en forma casi instantánea. Es importante decir que a pesar de llamarse de medición volumétrica, la calibración se realiza en base a una dosificación en peso.

2.2.3.3 ELECCIÓN DEL TIPO DE CONCRETO

Según la Asociación Argentina del Hormigón Premezclado, la elección entre el concreto premezclado en planta y el elaborado in situ se basa en las circunstancias particulares de la obra en cuestión, en los aspectos técnicos y en los costos beneficios asociados con cada uno de ellos. Atendiendo a que ciertos elementos estructurales de una obra, como vigas, columnas y techos, etc., que ocupan volúmenes pequeños, es común que muchas veces, y a solicitud del director de obra se requieran fabricar in situ. Pero cuando se necesite un concreto homogéneo de calidad controlada que cuente con el respaldo de la asistencia técnica del proveedor especializado, se deberá recurrir al concreto premezclado.

La ventaja más sobresaliente en el empleo de concreto premezclado es la garantía de su producción en cuanto a las propiedades mecánicas del material, avalado no sólo por un riguroso control mediante continuas pruebas realizadas sobre el producto final, sino que además se realizan diferentes controles de los componentes, a través de un tratamiento estadístico de los mismos, y la capacitación permanente del personal involucrado en dichas tareas.

2.2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.2.4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Las características en estado fresco del concreto deben ser tales que se permita llenar adecuadamente los encofrados y los espacios alrededor del acero de refuerzo, así como también obtener una masa homogénea sin grandes burbujas de aire o agua atrapada.

Es claro que las propiedades del concreto en obra no pueden ser obtenidas directamente del concreto en estado fresco, puesto que las características de los elementos estructurales de concreto se ven afectadas por las prácticas constructivas en la obra. Sin embargo, el control de calidad en estado fresco es la única herramienta para tomar decisiones rápidas, durante la colocación del concreto.

(Osorio, 2003)

Algunas propiedades del concreto en estado fresco pueden ser determinadas mediante una inspección visual y mediante ensayos de obra. Las principales propiedades características del concreto en estado fresco son:

2.2.4.1.1 SEGREGACIÓN

Un aspecto importante de la trabajabilidad y que generalmente se considera como otra propiedad, es la tendencia a la segregación, la cual se define como la tendencia de separación de las partículas gruesas de la fase mortero del concreto

y la colección de esas partículas deficientes de mortero en el perímetro del concreto colocado, debido a falta de cohesividad, de tal manera que su distribución y comportamiento deja de ser uniforme y homogéneo. Esto conduce a que la no segregación es una condición implícita del concreto para mantener una trabajabilidad adecuada.

De otra parte, las principales causas de segregación en el concreto son la diferencia de densidades entre sus componentes, el tamaño y forma de las partículas y la distribución granulométrica, así mismo pueden influir otros factores como un mal mezclado, un inadecuado sistema de transporte, una colocación deficiente y un exceso de vibración en la compactación; para controlar la segregación debida a efectos externos al concreto el comité ACI-304 describe una serie de procedimientos.

La segregación se puede presentar de dos formas. La primera ocurre cuando se usan mezclas pobres y demasiado secas, de tal manera que las partículas gruesas tienden a separarse, bien sea porque se desplazan a lo largo de una pendiente o porque se asientan más que las partículas finas. El segundo tipo se presenta particularmente en mezclas húmedas, y se manifiesta por la separación de una parte de los agregados.

(Osorio, 2003)

2.2.4.1.2 EXUDACIÓN

Es una forma de segregación o sedimentación, en la cual, parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto recién colocado. Esto se debe a que los constituyentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asientan durante el proceso de fraguado.

La exudación del concreto está influenciada por las proporciones de la mezcla y las propiedades de los materiales, el contenido de aire, forma y textura de los agregados, calidad del cemento y el uso de los aditivos.

Cuando este proceso se presenta en una alta tasa, se convierte en poco deseable, especialmente para bombear y dar acabados al concreto,

adicionalmente traen otras consecuencias como el debilitamiento, mayor porosidad, menor resistencia a la abrasión y ataque de agentes agresivos presentes en el medio ambiente.

Cuando la exudación es excesiva, debe prestarse especial atención a las características de los agregados, la calidad de cemento y diseño de la mezcla.

(Osorio, 2003)

2.2.4.1.3 TRABAJABILIDAD

Definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto fresco. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Para lograr una mejor estimación de este parámetro, la reología que es la ciencia que estudia el flujo desplazamiento de los materiales, ha establecido conceptos como estabilidad (se cuantifica por medio de la exudación y segregación), compactabilidad, movilidad, los cuales definen el comportamiento reológico del concreto en estado fresco y por consiguiente su trabajabilidad.

(Pasquel, 1998)

A. FACTORES QUE AFECTAN LA TRABAJABILIDAD

La trabajabilidad está influenciada principalmente por el contenido de agua de mezclado, contenido de aire, propiedades de los agregados, relación pasta/agregados y las condiciones climáticas.

- **Contenido de agua de mezclado:** El agua de mezclado hace parte aproximadamente del 15% del volumen total del concreto, del cual sólo el 5% es para hidratar el cemento y el 10% restante es el agua evaporable. Esta última es el principal factor que afecta la trabajabilidad, ya que en la medida que se incrementa su contenido aumenta la fluidez y permite una mayor lubricación de los agregados.
- **Contenido de aire:** El contenido de aire naturalmente atrapado y/o incorporado intencionalmente, produce disminución en los requerimientos de agua del concreto para una misma manejabilidad, al igual que un aumento de las condiciones de cohesividad.
- **Propiedades de los agregados:** Las propiedades físicas de los agregados que afectan las características del concreto en estado fresco son el tamaño máximo, forma y textura de las partículas, densidad, absorción, contenido de finos y materia orgánica.
- **Relación pasta / agregado:** La cantidad de pasta está relacionada con el área superficial de los agregados, ya que su función en estado fresco es actuar como lubricante y producir concretos trabajables. En términos generales a mayor relación pasta/ agregado se incrementa la cohesividad del concreto, sin embargo, no debe ser tan alta porque se puede presentar segregación.
- **Condiciones climáticas:** Las condiciones climáticas tales como, viento, sol, temperatura y humedad ambiente afectan la manejabilidad del concreto debido a que pueden producir pérdidas de agua por evaporación, cambios en la temperatura interna del concreto por intercambio de calor, cambios volumétricos y modificación en los tiempos de fraguado.

(Pasquel, 1998)

B. ENSAYOS PARA DETERMINAR LA TRABAJABILIDAD

Las propiedades tales como cohesión y adhesión son las que determinan el grado de trabajabilidad y usualmente son evaluadas por examen visual y

manipulación del concreto con herramientas para dar acabados, debido a que hasta el momento no se conoce ninguna prueba que las mida directamente; sin embargo, se han desarrollado una serie de ensayos con los cuales se puede determinar o correlacionar las propiedades del concreto en estado plástico en términos de consistencia, fluidez, cohesión y grado de compactación entre otras. (Pasquel, 1998)

El ensayo utilizado durante muchos años para determinar o correlacionar la trabajabilidad es la prueba del “slump” o medición del asentamiento del concreto fresco con el cono de Abrams, según los procedimientos indicados en las normas (AST C - 143, NTP 339.035). Esta prueba permite una aproximación numérica de la trabajabilidad (ver tabla N° 4), sin embargo debe tenerse clara la idea que es una manera sumamente limitada de evaluarla.

2.2.4.1.4 ESTABILIDAD

Es el desplazamiento o flujo que se produce con el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas.

Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos estándar que permiten comparar dichas características entre varias mezclas, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

Es interesantes notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla, sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.

(Osorio, 2003)

2.2.4.1.5 COMPACTABILIDAD

Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado “factor de compactación”, prueba del factor de compactación que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividida entre la densidad del concreto

compactado. Según ensayos realizados, los valores obtenidos para mezclas con distintos grados de trabajabilidad oscilan entre 0.78 y 0.95.

(Pasquel, 1998)

2.2.4.1.6 MOVILIDAD

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad. Cohesión y resistencia interna al corte.

La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cementos, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

(Pasquel, 1998)

2.2.4.1.7 COHESIVIDAD

Aptitud que tiene el concreto para mantenerse como una masa estable y sin segregación. (Osorio, 2003)

2.2.4.1.8 PLASTICIDAD

Condición del concreto que le permite deformarse continuamente sin romperse. (Osorio, 2003)

2.2.4.1.9 CONSISTENCIA O SLUMP

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Una mezcla trabajable para pavimentos puede tener una alta consistencia que la hace difícil de trabajar en columnas o placas. Inversamente, una mezcla cuya consistencia la hace adecuada para vigas y columnas puede ser excesivamente trabajable para estructuras masivas.

La consistencia de una mezcla en función de su contenido de agua y de la granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada.

Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma: corresponden los menores asentamientos a las mezclas secas y los mayores a las consistencias fluidas.

(Rivva, 2000)

Tabla N°05. Tipos de consistencia en función al Slump.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad estimada	Método de compactación a utilizar
Seca	0" – 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" – 4"	Trabajable	Vibración ligera/Chuseado
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado/Varillado

Fuente: Abanto Castillo, F. Tecnología del concreto.

2.2.4.1.10 DENSIDAD Y PESO UNITARIO

Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos, respecto al volumen total de una unidad cúbica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es un material sólido.

El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto. Se expresa en Kg/m³.

La gravedad específica y la cantidad de cada agregado afectan el peso unitario resultante de la mezcla fresca. Con agregados de alta porosidad el peso unitario puede variar de que si la absorción ha sido satisfecha por humedecimiento del agregado antes de la dosificación.

Las variaciones en las propiedades del agregado pueden afectar el peso unitario y la densidad del concreto en forma diferente. Se pueden tener modificaciones en el peso unitario del agregado, las cuales incrementan o disminuyen al peso unitario del concreto sin afectar la densidad del mismo.

(Rivva, 2000)

2.2.4.1.11 TEMPERATURA DEL CONCRETO

La temperatura del concreto al ser mezclado es influenciada por la temperatura y calor específico de los materiales constituyentes. Por ello el agregado al estar presente en la mezcla en el volumen más importante, puede tener un efecto sobre la temperatura del concreto.

En climas cálidos el riego de las pilas de agregados reduce la temperatura de estos y por ende la del concreto. En aquellos casos en que es necesario un concreto muy frío, el agregado grueso puede ser enfriado por inmersión en agua fría o por rociado de las pilas de agregado, de acuerdo a la recomendación ACI 305R.

En climas fríos el calentamiento del agregado puede ser necesario para obtener la temperatura deseada en el concreto, de acuerdo a las recomendaciones ACI 306R.

Los agregados congelados no deben ser empleados en las mezclas de concreto.

(Rivva, 2000)

2.2.4.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

Las propiedades del concreto endurecido están gobernadas por la resistencia de la pasta endurecida, los agregados y las interfaces agregado-pasta. El concreto

es capaz de soportar grandes esfuerzos a la compresión, dependiendo de las características de sus componentes y el diseño de este mismo.

(Osorio, 2003)

Las principales propiedades características del concreto en estado endurecido son:

2.2.4.2.1 RESISTENCIA

La resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia en compresión se utiliza como índice de la calidad del concreto. En pavimentos suele utilizarse la resistencia en flexión, la resistencia al corte no se utiliza.

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los 1,000 Kg/cm². Por esa razón no se ha profundizado el análisis de la influencia del agregado en la resistencia del concreto.

Lo expresado anteriormente es fácil de comprobación, si se observa la fractura de especímenes de los especies de concreto sometidos a ensayos de compresión. En ellos la rotura se presenta la rotura en el mortero o en la zona de adherencia con el agregado grueso y por excepción, en los agregados descompuestos o alterados.

Aunque la durabilidad es tanto o más importante que la resistencia, esta se emplea para la aceptación del concreto. Otras propiedades, dependiendo de las características y ubicación de la obra, pueden ser más importantes que aquellas.

(Rivva, 2000)

A. FACTORES QUE AFECTAN A LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Abrams indicó; en 1918, que en un conjunto dado de materiales y condiciones de trabajo, el factor determinante de la resistencia era la relación agua/ cemento de diseño, en la que se excluye el agua absorbida por el agregado por el agregado. En esta teoría las resistencia son mayores con la disminución de la relación agua/cemento.

Posteriormente se demostró por Gilkey y Walker que la resistencia era función de cuatro factores:

- Relación agua – cemento.
- Relación cemento – agregado.
- Granulometría, dureza, resistencia, perfil y textura superficial del agregado.
- Tamaño máximo del agregado.

El concepto anterior se ha empleado por Powers con las teorías sobre grado de hidratación, relación gel- espacio y resistencia por adherencia pasta – agregado.

Se acepta que la resistencia a compresión que puede ser desarrollada a una edad determinada por una mezcla de materiales dados varía en función de:

- La marca, tipo antigüedad, superficie específica y composición del cemento.
- La calidad del agua.
- La dureza, resistencia, perfil, textura superficial, porosidad, limpieza, granulométrica, tamaño máximo y superficie específica del agregado.
- Las adiciones minerales empleadas.
- Los aditivos químicos empleados.
- La resistencia de la pasta.
- La relación agua libre de la mezcla al material cementante.
- La relación material cementante – agregado.
- La relación del agregado fino al agregado grueso.
- La relación de la pasta a la superficie específica del agregado.
- La resistencia por adherencia pasta- agregado.
- La porosidad de la pasta.

- La permeabilidad del concreto.
- El grado de hidratación del cemento.
- La relación gel-espacio.
- La presencia intencional en la pasta de fibra metálica, de vidrio o plástica.
- Las condiciones del proceso de puesta en obra.

(Rivva, 2000)

Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

(Pasquel, 1998)

B. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Para determinar la resistencia, se siguen los procedimientos indicados en la norma establecida, en donde se indica las prácticas para fabricar y curar especímenes de prueba de concreto en el campo (NTP 339.033, ASTM C-31).

Las muestras obtenidas bajo las consideraciones indicadas anteriormente, deben ser ensayadas teniendo en cuenta las indicaciones del Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (NTP 339.034, ASTM C-39).

2.2.4.2.2 ELASTICIDAD

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un “Módulo de elasticidad estático” del concreto mediante una recta tangente a la

parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última.

Los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y en relación inversa con la relación agua/ cemento.

(Pasquel, 1998)

2.2.4.2.3 EXTENSIBILIDAD

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60 % del esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

(Pasquel, 1998)

2.2.5 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

La resistencia en compresión del concreto f_c es el parámetro de referencia más difundido tanto a nivel de diseño estructural cuanto en tecnología del concreto para evidenciar las características resistentes y la calidad de un concreto.

Si bien la calidad del concreto abarca un concepto más amplio e integral que la resistencia en compresión, es innegable que este parámetro reviste importancia primordial ya que sobre él descansan las filosofías de diseño actuales.

Un concreto fundamental que hay que tener muy claro es que los métodos de diseño estructural en concreto son probabilísticos, es decir se basan en consideraciones estadísticas que asumen una cierta probabilidad de que los valores de f_c se obtengan en obra dentro de cierto rango, al estar demostrado como veremos más adelante que la resistencia del concreto verificada bajo condiciones controladas, sigue con gran aproximación la distribución probabilística normal o distribución de Gauss.

(Osorio, 2003)

2.2.5.1 CONTROL ESTADÍSTICO DE DATOS

En todo el mundo es reconocido que los requisitos establecidos para el diseño de mezcla de concreto y los criterios de aceptación del concreto tienen por objeto asegurar la calidad estructural de las obras. Para ello, dicho aseguramiento de calidad se fundamenta en dos factores principales: la determinación de la resistencia a la compresión y la aplicación de la estadística.

2.2.5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL TOTAL DE DATOS

Los procedimientos estadísticos se realizan a partir de datos derivados de muestras obtenidas en el curso del desarrollo de un plan de muestreo. Partiendo de la base que las muestras tomadas y los ensayos efectuados representan apropiadamente el concreto producido y aceptando la idoneidad de los resultados de resistencia, se agrupan los datos, conociendo de antemano las características de una distribución:

2.2.5.2.1 NÚMERO DE PRUEBAS (N)

Se debe disponer de una cantidad suficiente de pruebas, para obtener mayor información confiable. Para que el análisis estadístico sea representativo, el número de pruebas consideradas será de 30 ensayos.

Según la norma E.060 se considera como un ensayo de resistencia al promedio de los resultados de dos probetas cilíndricas preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la misma edad elegida para la determinación de la resistencia del concreto.

2.2.5.2.2 PROMEDIO ARITMÉTICO (X)

Se define como la suma aritmética de los resultados de resistencia de todas las pruebas individuales dividiéndolo por el total de pruebas efectuadas.

$$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N} \quad \text{Ec. 1}$$

2.2.5.2.3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S)

El análisis estadístico intenta dar una idea de la dispersión de las pruebas con relación al promedio aritmético, es necesario conocer la variación de las pruebas mediante la desviación estándar y se define como la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de la resistencia, respecto a la resistencia promedio dividida entre el número de pruebas menos uno.

Del mismo modo, la desviación estándar de un lote de muestras refleja las variaciones entre las diferentes tanda de concreto.

Estas variaciones, como es de esperarse, contemplan la variabilidad de cada uno de los materiales, la variabilidad en los procedimientos y técnicas de producción y manejo, las variaciones propias de la elaboración y curado de los especímenes,

es decir que en esta desviación comanda la dispersión entre las pruebas realizadas.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - X)^2}{N - 1}} \quad \text{Ec. 2}$$

2.2.5.2.4 COEFICIENTE DE VARIACIÓN (V)

Cuando se conoce la dispersión de las pruebas, se puede obtener el coeficiente de variación el cual está definido en términos de la desviación estándar, expresada como un porcentaje del promedio aritmético.

Es así como el coeficiente de variación dentro de una prueba, se puede juzgar el control de la elaboración, el tratamiento de los especímenes y la calidad de los métodos utilizados en los ensayos.

$$V = \frac{S \times 100}{X} \quad \text{Ec. 3}$$

2.2.5.2.5 INTERVALO O RANGO (R)

Se obtiene restando la menor de las resistencias del conjunto de cilindros que conforman la prueba, de la más alta del grupo.

$$r = X_a - X_b \quad \text{Ec. 4}$$

2.2.5.2.6 DISTRIBUCIÓN NORMAL Y PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

El concreto al ser un material heterogéneo, está sujeto a la variabilidad de sus componentes así como a las dispersiones adicionales por las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado en obra. Por lo que la resistencia del concreto bajo condiciones controladas sigue con gran aproximación la distribución probabilística Normal.

Como los datos de resistencia del concreto se ajustan a una Distribución Normal, se puede analizar la probabilidad de ocurrencia y la probabilidad de ocurrencia de que los ensayos estén comprendidos dentro de un intervalo $u \pm t D_s$, según el ACI 318 son:

$u \pm 1 D_s$ de 68.2%

$u \pm 2 D_s$ de 95.2%

$u \pm 3 D_s$ de 100%

Las fórmulas y criterios de diseño estructural involucran una serie de factores de seguridad que tienden a compensar las variaciones entre los resultados; cualquiera que sea el criterio, se traduce como la resistencia del concreto requerida en obra f'_{cr} debe tener un valor por encima del f'_c :

$$f'_{cr} = f'_c + tD_s \quad \text{Ec. 5}$$

$$f'_{cr} = \frac{f'_c}{1 - tv} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

- f'_{cr} : Resistencia promedio requerida en obra
- f'_c : Resistencia especificada
- D_s : Desviación Estándar
- V : Coeficiente de Variación
- t : Factor que depende:
Del % de resultados $< f'_c$ que se admitan ó
De la probabilidad de ocurrencia.

Tabla N°06. Valores de t en función de la probabilidades de ocurrencia por debajo del límite inferior y del % de pruebas dentro de los límites.

% de Pruebas dentro de los límites $\mu \pm t D_s$	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	t
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Fuente: Estimaciones según criterios ACI.

2.2.6 CONSIDERACIONES DE ACEPTACIÓN DEL CONCRETO

El ACI 318, indica los requisitos que debe cumplir el concreto para ser aceptado en obra, estas mismas especificaciones son tomadas por la norma E.060; Aquí se indica que: La resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si se cumple con los dos requisitos siguientes:

- (a) Cada promedio de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a $f'c$.
- (b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que $f'c$ en más de 3.5 MPa cuando $f'c$ es 35 MPa o menor, o en más de 0.1 cuando $f'c$ es mayor a 35 MPa.

Cuando no se cumpla con al menos uno de los dos requisitos, deben tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia.

Cuando no se satisfaga (b). Los procedimientos para proteger y curar el concreto deben mejorarse cuando la resistencia de las probetas cilíndricas curadas en la obra, a la edad de ensayo establecida para determinar $f'c$, sea inferior al 85% de la resistencia a los cilindros correspondiente curados en laboratorio. La limitación del 85% no se aplica cuando la resistencia de aquellos que fueron curados en la obra exceda a $f'c$ en más de 3.5 MPa.

2.2.7 REQUISITOS DE RESISTENCIA QUE DEBE TENER EL CONCRETO

En la norma E.060 (Capítulo 9), se indican los requisitos de resistencia y de servicio que debe tener el concreto, uno de ellos es que: La resistencia mínima del concreto estructural, $f'c$ no debe ser inferior a 17 MPa (un equivalente aproximado de 175 kg/cm²). No se establece un valor máximo para el $f'c$ salvo que se encuentre restringido por alguna disposición específica de esta Norma.

También, según la norma E.060 (Capítulo 21). En donde se indican las disposiciones especiales para el diseño sísmico, se indica que cuando los elementos resistentes a fuerzas inducidas por sismo: La resistencia especificada a la compresión del concreto, $f'c$, no debe ser menor que 21 MPa (un equivalente aproximado de 210 kg/cm²).

2.2.8 VIDA ÚTIL DEL CONCRETO

Según la Asociación Argentina del Hormigón Premezclado, el concreto es un material que presenta la particularidad de que puede ser realizado en cualquier lugar y de cualquier manera, pero se debe tener bien en claro que de la forma de ejecución, del control de los materiales, de su colocación y curado, depende la calidad futura de la estructura de concreto en toda su vida útil. El concreto es uno de los pocos materiales o productos que no son almacenables; por lo tanto, no se puede producir y mantener para comprobar su calidad antes de ser utilizado en la obra (con excepción de los elementos prefabricados).

Esto requiere un cuidado extremo en la selección de las materias primas antes de su utilización y en los criterios de elaboración.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ✎ **ACI.** Siglas en ingles del Instituto Americano de Concreto (American Concrete Institute).
- ✎ **Asentamiento.** Medida de la consistencia del concreto fresco, también llamado revenimiento o SLUMP.
- ✎ **ASTM.** Siglas en inglés de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials).
- ✎ **Carga.** Contenido total de concreto en un camión mezclador.
- ✎ **Cilindro de concreto.** Espécimen para el ensayo de resistencia a compresión. Se elabora vaciando concreto en un molde de metal, el cual usualmente tiene una altura equivalente al doble del diámetro.
- ✎ **Clinker.** El clinker se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que está entre 1350 y 1450 °C. El clinker es el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Portland.
- ✎ **Colocado.** Acción de vaciar el concreto fresco en la formaleta, molde o encofrado. También se le llama colado.
- ✎ **Concreto.** En la actualidad se le conoce como hormigón, material compuesto que consiste esencialmente en un medio ligante dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado fino y agregado grueso; en el hormigón de cemento portland el ligante es una mezcla de cemento portland y agua.
- ✎ **Concreto hecho al pie de obra.** Es el concreto normal que se elabora in situ, es decir en el mismo sitio donde se ubica la obra, para su elaboración generalmente se utiliza mezcladora o herramientas manuales, la dosificación es en volúmenes aparentes.

- ✎ **Concreto premezclado.** Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra.
- ✎ **Consolidación.** Es el proceso que consiste en compactar al concreto fresco para amoldarlo dentro del encofrado, evitando las cavidades del aire atrapado.
- ✎ **Costo del concreto.** Está referido al gasto económico que representa la fabricación, transporte y colocación de una determinada cantidad de concreto. Se expresa en S/. por m³.
- ✎ **Curado.** Es el mantenimiento de condiciones favorables de humedad y de temperatura del concreto a tempranas edades, para que desarrolle su resistencia y otras propiedades.
- ✎ **Elemento estructural.** Un elemento estructural es cada una de las partes que constituye una estructura y que posee una función resistente dentro del conjunto.
- ✎ **Encofrado.** Molde temporal para el concreto fresco, que se retira una vez que el concreto logra la resistencia suficiente para sostenerse a sí mismo. También puede ser llamado también formaleta o cimbra.
- ✎ **Hidratación.** Reacción química entre el cemento hidráulico y el agua.
- ✎ **Mezcladores.** Pueden ser estacionarios o camiones mezcladores y se utilizan para obtener una mezcla homogénea en el tiempo establecido. Existen tres
- ✎ **Mixer.** El mixer es un vehículo mezclador y transportador de concreto fresco que consta de una tolva rotatoria a velocidad variable de forma ovalada ubicada en la parte posterior del vehículo.

- ✎ **Planta de premezclado.** Es un lugar apropiado en donde se instalan maquinarias y equipos especializados para elaborar concreto en grandes cantidades en condiciones similares a la de un laboratorio, para posteriormente entregarlo en obra como un producto no endurecido.

- ✎ **Resistencia del concreto.** Referida a la de compresión, se define como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto cargado a la compresión uniaxial y expresada en kg/cm² en el Sistema Internacional.

- ✎ **Segregación.** Separación del agregado grueso de la porción de mortero de un concreto.

- ✎ **Trabajabilidad.** También llamada manejabilidad, es la facilidad de colocación, compactación y acabado del concreto fresco.

- ✎ **Vaciado.** Acción de colocar el concreto en estado fresco en el encofrado para que adquiera la forma endurecida requerida.

- ✎ **Vibrado.** Acción de vibrar al concreto fresco con el objeto de expulsar el aire atrapado durante el mezclado.

- ✎ **Volumen de vaciado.** Término referido a la cantidad de concreto en estado fresco que se coloca en el encofrado, puede estar expresado en m³.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DATOS GENERALES PREVIOS

3.1.1 UBICACIÓN TEMPORAL

La investigación fue desarrollada desde Julio del 2014 hasta Diciembre del 2014, dentro de este periodo se realizó la obtención de datos de campo, ensayos necesarios, paralelamente su procesamiento y análisis.

3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El lugar en donde se desarrolló la investigación es:

Departamento	:	Cajamarca
Provincia	:	Cajamarca
Distrito	:	Cajamarca
Sector	:	Mollepampa
		(Zona de expansión)

A pesar de que la investigación se realiza en un área y no en un punto específico, se puede tomar como referencia un punto central, cuyas coordenadas están en la zona 17S y según el sistema WGS 84 son:

Este	:	776988
Norte	:	9205323
Altura promedio	:	2697 m.s.n.m.

Para una mejor identificación de la zona de estudio se presenta la siguiente figura, en la cual se puede observar su ubicación respecto de la ciudad de Cajamarca.

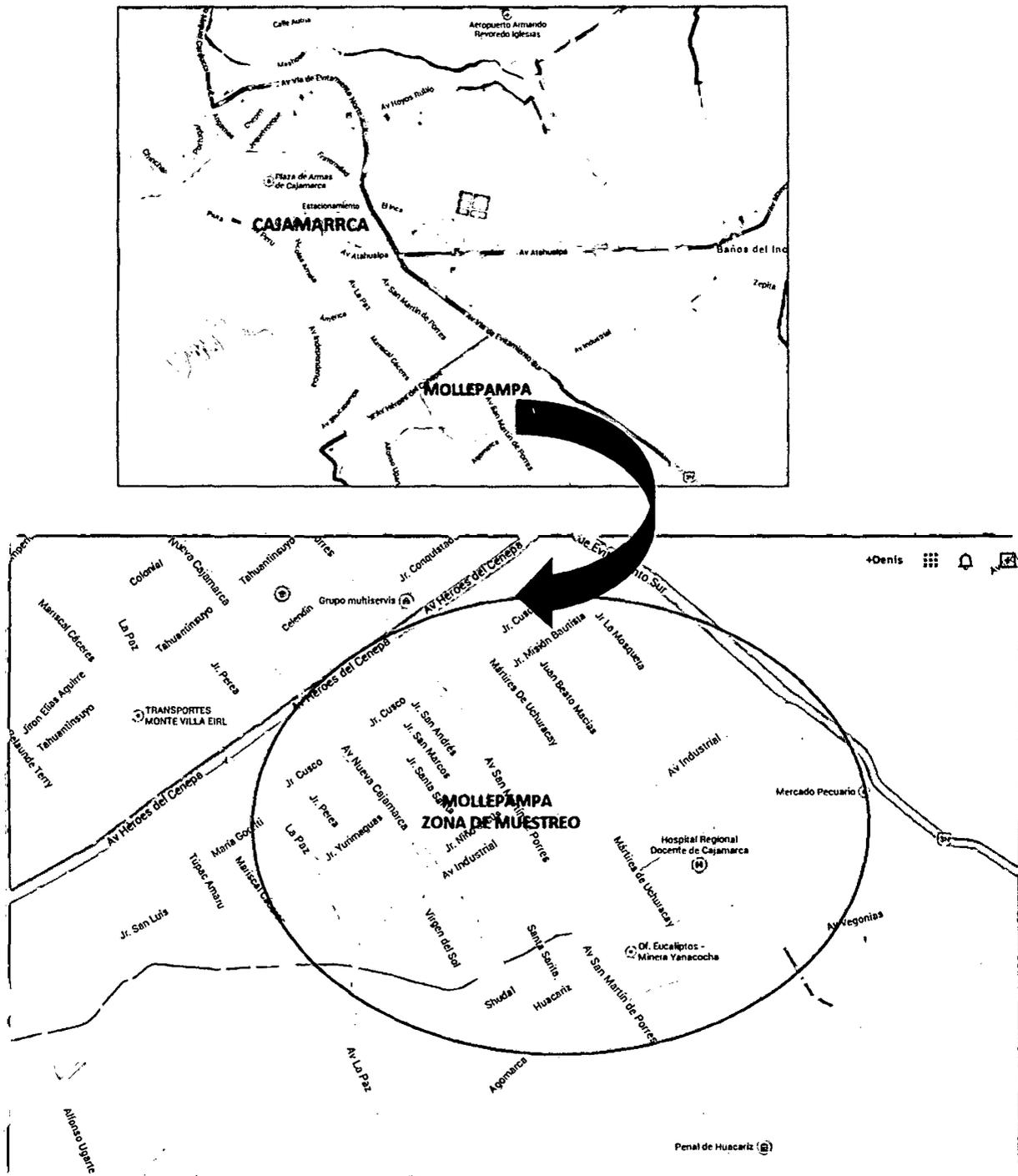


Figura N° 01. Ubicación de la zona de expansión urbana Mollepampa dentro de la ciudad de Cajamarca

Fuente: Servidor de aplicaciones Google Maps 2014.

3.1.3 DEFINICIÓN DE LAS MUESTRAS

Esta investigación comprende un muestreo en campo para determinar la calidad del concreto en función a su resistencia, tanto del “concreto hecho al pie de obra” y el concreto premezclado llegado a obra, teniendo en cuenta: Las características de sus componentes, procedimientos utilizados en su elaboración y evaluando también algunas propiedades importantes del concreto en estado fresco.

Por lo tanto las “muestras” son especímenes cilíndricos estándar de concreto (de 6” de diámetro y 12” de altura) extraídas de la misma mezcla vaciada en las estructuras de diferentes construcciones (viviendas, centros comerciales, etc.) en donde la resistencia requerida del concreto sea $f'c$ 210 kg/cm². La resistencia de las muestras es evaluada a los 28 días después de su elaboración.

La cantidad de muestras tomadas se basa en el criterio personal, teniendo en cuenta las especificaciones de la E.060, ACI 318 y la ASTM C-94M, en donde “Se considera como un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas hechas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación el $f'c$ ”. Además, según la tabla 5.3.1.2 proporcionada por el ACI 318 y tomada por la E0.60, implícitamente indica que un registro ensayos de muestras es considerado como suficiente para que sea representativo cuando consta de 30 a más ensayos. En tal sentido:

Para el concreto “hecho al pie de obra”. Teniendo en cuenta los indicios de que este tipo de concreto es poco homogéneo se consideró conveniente tomar 3 muestras (cilindros de concreto de 6” x 12”) de cada construcción (en total 30), con la finalidad de determinar su resistencia individual y luego promediarlas para que este dato se considere representativo.

Para el concreto Premezclado. Teniendo en cuenta de que este tipo de concreto ha pasado por un control de calidad en su elaboración (sujeto a verificación) tiene mayor homogeneidad, se consideró conveniente tomar 2 muestras (cilindros de concreto de 6” x 12”) por cada mixer, elegido de una

manera aleatoria (en total 30), para verificar y evaluar su resistencia individual y luego promediarlas para que este dato se considere representativo.

3.1.4 ZONAS DE MUESTREO

Para el concreto hecho al pie de obra. Las muestras fueron extraídas de viviendas en proceso de construcción en donde la resistencia debería ser $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ubicadas en la zona de expansión urbana Mollepampa - Cajamarca, lugar elegido para el desarrollo de la investigación. La ubicación de la zona de muestreo para el concreto hecho al pie de obra se aprecia en la Figura N°01.

Para el concreto premezclado. Las muestras fueron extraídas de algunas construcciones en proceso de construcción (viviendas unifamiliares y del C. C. Open Plaza Cajamarca), las direcciones se indican en el cuadro N°07 del capítulo siguiente. Las muestras han sido obtenidas del concreto cuya resistencia de diseño especificada fue $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

El C. C. Open Plaza Cajamarca, de donde fueron extraídas la mayor cantidad de muestras, referencialmente se ubica en las coordenadas 775503E, 9208737N (zona 17S y sistema WGS 84).

3.2 PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

Para poder cumplir con el objetivo principal del presente trabajo de investigación, el procedimiento desarrollado en forma detallada consta de los siguientes procesos:

3.2.1 OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO

Con el fin de obtener los datos de campo, se elaboraron formatos que permitan obtener ordenadamente la información necesaria, complementaria a los datos de resistencia, para poder evaluar adecuadamente los dos tipos de concreto considerados en el presente estudio. La información complementaria está referida a los datos generales de cada muestreo y la determinación de la

existencia o no de asesoría técnica, tipo y calidad de insumos, dosificación y los métodos de elaboración, siendo considerados estos los parámetros más influyentes en la calidad del concreto, principalmente en su resistencia.

3.2.2 MUESTREO DEL CONCRETO FRESCO

El muestreo fue realizado teniendo en cuenta las consideraciones de la NTP 339.036:2011 (ASTM C-172/C-172:2010M). Esta norma establece los procedimientos para obtener muestras representativas de concreto fresco durante su transporte o en la obra.

A. Finalidad

Se realizó con la finalidad de obtener muestras representativas de concreto fresco para destinarlas a ensayos de laboratorio

B. Equipo utilizado

Se utilizó recipientes de muestreo limpios, de material resistente, no absorbente y químicamente inerte con los componentes del concreto y de capacidad suficiente para contener la muestra, usualmente carretillas.

C. Procedimiento de muestreo

- La muestra para que sea representativa fue tomada de la porción central de la tanda de concreto y en la cantidad suficiente para poder elaborar los especímenes.
- El tiempo para obtener la muestra fue lo más corto posible, sin exceder los 15 min.
- Se combinó y remezcló con una pala la muestra para asegurar la uniformidad de la misma.
- Luego de obtener haber obtenido la muestra final se procedió a iniciar el ensayo de asentamiento, dentro de los 5 min. siguientes.

- Se protegió la muestra (principalmente del sol y no realizaron transportes internos largos en la obra para evitar la segregación del concreto) hasta la elaboración de los especímenes para el ensayo de resistencia, el tiempo comprendido estuvo dentro de los 15 min como máximo después de haber obtenido la muestra.

3.2.3 PRUEBA DE REVENIMIENTO O ASENTAMIENTO

La prueba fue realizada según el Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland indicada en la NTP 339.035 (ASTM C 143/C143-2008). Esta norma establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland, tanto en el laboratorio como en el campo.

A. Finalidad

Se realizó con el fin de determinar la fluidez del concreto fresco por el método del asentamiento del cono de Abrams.

B. Equipo utilizado

- Molde metálico, troncocónico, abierto por ambos extremos, con un diámetro superior de 10 cm. e inferior de 20 cm., además de pisaderas y asas (Fig. siguiente).
- Varilla punta de bala lisa, de un diámetro de 1.6 cm. y largo 60 cm.
- Placa de apoyo, rígida, no absorbente y por lo menos de 40 x 60 cm.
- Cucharón metálico.
- Wincha o regla.

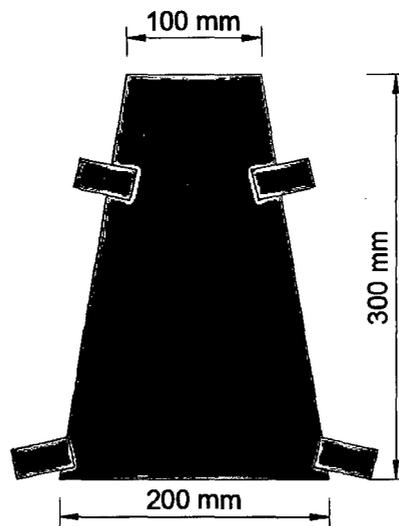


Figura N°02. Cono de Abrams estándar.

C. Procedimiento

- Se tomó la cantidad de concreto necesaria para efectuar el ensayo (no menor a 1 pie³).
- Se colocó el molde sobre una superficie de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos con agua.
- El operador se pisó sobre las pisaderas del molde, evitando el movimiento de éste durante el llenado.
- Se llenó el molde en tres capas de aproximadamente igual volumen y se apisonó cada capa con 25 golpes de la varilla pisón distribuidos uniformemente. La capa inferior se llenó hasta aproximadamente 7 cm de altura y la capa media hasta aproximadamente 16 de altura. Al apisonar la capa inferior se dieron los primeros golpes con la varilla pisón ligeramente inclinada alrededor del perímetro. Al apisonar la capa media y superior se dieron los golpes de modo que la varilla pisón penetre 2.5 cm, la capa subyacente. Durante el apisonado de la última capa se mantuvo permanentemente un exceso de concreto sobre el borde superior del molde.
- Se enrasó la superficie de la capa superior con la varilla pisón y se limpió el concreto derramado en la zona adyacente al molde.
- Inmediatamente después de terminado el llenado, enrase y limpieza, se tomó el molde con las manos, sujetándolo por las asas y dejando las pisaderas

- libres y se levantó en dirección vertical sin perturbar el concreto en un tiempo de 5 a 12 segundos.
- Se tuvo en cuenta de que toda la operación de llenado y levantamiento del molde no dure más de tres minutos.

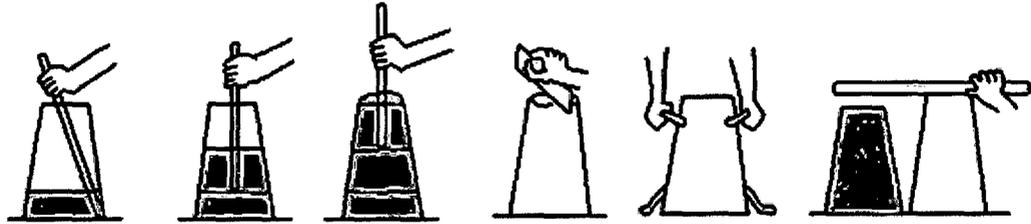


Figura N°03. Procedimiento de ensayo de asentamiento.

- Una vez levantado el molde se midió inmediatamente la disminución de altura del concreto moldeado respecto al molde, aproximando a 0,5 cm. La medición se hizo en el eje central del molde en su posición original.

3.2.4 ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS

La prueba fue realizada teniendo en cuenta la práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto de campo indicada en la NTP 339.033:2009 (ASTM C31/C31M/2008b). Esta norma establece los procedimientos para preparar y curar especímenes de forma cilíndrica y de viga, de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción. El concreto utilizado para elaborar especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento mensurable o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.

A. Finalidad

Se realizó con la finalidad de elaborar y curar las probetas de concreto fresco, las cuales se destinaron a los ensayos de compresión determinando la calidad del concreto.

B. Equipo utilizado

- Aparatos de compactación: varilla punta de bala, vibradores internos y/o externos.
- Moldes estándar de material no absorbente que no reaccionen con el cemento, para confeccionar probetas destinadas a los ensayos.
- Los moldes utilizados fueron de 6" de diámetro por 12" de altura con la finalidad de cumplir con las especificaciones normalizadas, donde: La dimensión básica interior, deberá ser igual o mayor a 3 veces el tamaño máximo de la grava. La superficie de los moldes que entran en contacto con el concreto, se debe aplicar una delgada capa de aceite u otro material que prevenga la adherencia y no reaccione con los componentes del concreto.

C. Procedimiento

- Se eligió un lugar nivelado y protegido para el moldeado, siendo el adecuado, ya que será el mismo para dar el curado inicial.
- Se colocó el concreto en tres capas en los moldes cilíndricos, de igual espesor. Se apisonó con la varilla pisón cada capa, a razón de 25 golpes cada una. La capa inferior se apisonó en toda su altura sin golpear el fondo y la o las capas superiores, se apisonó de modo que la varilla pisón penetre aproximadamente 2 cm en la capa subyacente. Después de apisonar se golpeó suavemente los costados de los moldes para cerrar los vacíos dejados por la varilla punta de bala.
- Se enrasó superficialmente el concreto con la varilla pisón con un movimiento de aserrado, evitando separar el mortero del árido grueso y finalmente se alisó.
- Se marcaron las probetas indeleblemente con su respectivo código de modo que puedan ser perfectamente identificadas.

- Inmediatamente después de moldeadas, las probetas se cubrió con bolsa plástica.
- Al día siguiente de su elaboración, se transportaron cuidadosamente hacia el lugar acondicionado para el curado y se desmoldaron las probetas, teniendo en cuenta que el tiempo mínimo para desmoldar las probetas (20 horas para cilindros).
- Para su curado, las probetas fueron sumergidas en una poza de curado para conservar su humedad.

3.2.5 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, teniendo en cuenta el Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas, indicada en la NTP 339.034:2008 rev. 2013 (ASTM C39/C39M-05e1). Esta norma establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas.

A. Finalidad

Se realizó el ensayo para determinar la resistencia a compresión de las muestras cilíndricas de concreto con el fin de evaluar su calidad.

B. Equipo Utilizado

- Máquina de ensayo que cumple con las especificaciones indicadas en la NTP 339.034 (Laboratorio UNC).
- Deflectómetro

C. Procedimiento

- Se retiraron los cilindros del lugar del curado a los 28 días, teniendo en cuenta las tolerancias indicadas para esta prueba (Edad de ensayo 28 d, tolerancia permisible ± 20 h ó 3.0 %).

- Después de retirados los cilindros del lugar del curado, se dejaron secar superficialmente, para luego realizar el ensayo a compresión.
- Se verificaron las dimensiones y peso de cada muestra cilíndrica antes de colocarlos a la máquina de ensayo.
- Se verificó que cada cilindro sea ensayado de acuerdo a las consideraciones de la NTP 339.034:2008 rev. 2013, sobre: La colocación, alineamiento de los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula, la velocidad de carga, etc.
- Durante el ensayo se determinaron las deformaciones y carga de rotura final.

3.3 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Después de haber aplicado la metodología indicada anteriormente para obtener los datos necesarios para el estudio, se procedió a elaborar tablas y gráficos adicionales con el fin de organizar, procesar y mostrar la información obtenida de una manera ordenada con la finalidad de poder expresar claramente los resultados.

De la misma manera y como habitualmente se hace para determinar su aceptación o rechazo del concreto en proyectos estructurales, la resistencia a compresión lograda a los 28 días fue el parámetro considerado para determinar la calidad del concreto.

3.3.1 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Contando con los datos de cada muestra cilíndrica de concreto (diámetro y carga última), se determinó el área y por consiguiente la resistencia a compresión f_c alcanzada, posteriormente se determinó la resistencia promedio para el concreto proveniente de cada vivienda (en el caso del concreto hecho al pie de obra) o de cada mixer (el caso del concreto premezclado llegado a obra).

3.3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO

Conociendo las resistencias promedio se realizó la evaluación y análisis estadístico, determinándose la resistencia promedio general, desviación estándar y varianza; además se elaboraron tablas y gráficos de control para poder evaluar la calidad del concreto.

Se realizaron comparaciones respecto a las consideraciones indicadas en las recomendaciones del ACI 318, E.060 y otros estudios relacionados con los requisitos que debería cumplir el concreto para ser aceptado en obra.

3.3.3 DETERMINACIÓN DEL COSTO DEL CONCRETO

Se determinó el costo del concreto por unidad cúbica y se analizaron los factores variables que influyen en el costo cuando el volumen de vaciado varía; este análisis se hizo para el concreto hecho al pie de obra.

Se obtuvo información sobre el costo del concreto premezclado puesto en obra, teniendo en consideración la ubicación de la zona de estudio.

3.3.4 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DEL CONCRETO POR COSTOS Y RESISTENCIA

Habiendo realizado la evaluación en cuanto a su resistencia del concreto hecho al pie de obra y del concreto premezclado, se procedió a comparar los resultados determinados y cuantificando la diferencia existente entre ellos. Elaborando gráficos que permitan visualizar mejor las diferencias.

Contando con los datos de costos para ambos tipos de concreto considerados en el estudio, se procedió a compararlos y cuantificar la diferencia.

Teniendo en cuenta la resistencia y el costo, se determinó y analizó la rentabilidad en costo y resistencia cuando el volumen de vaciado es 10 m^3 .

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 EVALUACIÓN DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA

4.1.1 DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

Los datos generales del muestreo realizado del concreto hecho al pie de obra en la zona de expansión Mollepampa - Cajamarca se presentan en la tabla N°7.

Tabla N°07. Datos generales del muestreo realizado del concreto hecho al pie de obra.

Código Constr.	Obra o construcción	Ubic./Coord. UTM (*)		Tipo de estruct. o elemento	Fecha de muestreo
		Este	Norte		
V-01	Vivienda unifam. 1°p.	777781	9205587	Columna	03-09-14
V-02	Local almacén	778032	9205314	Columnas	03-09-14
V-03	Vivienda unifam. 1°p.	777632	9205679	Columnas	05-09-14
V-04	Vivienda unifam. 1°p.	777554	9205582	Losa aligerada	05-09-14
V-05	Vivienda unifam. 1°p.	776485	9205652	Losa aligerada	06-09-14
V-06	Vivienda unifam. 1°p.	776598	9205554	Losa aligerada	09-09-14
V-07	Vivienda - almacén	777459	9205435	Losa aligerada	11-09-14
V-08	Vivienda unifam. 1°p.	777971	9205069	Columnas	13-09-14
V-09	Vivienda unifam. 1°p.	778034	9205200	Columnas	13-09-14
V-10	Vivienda unifam. 1°p.	776480	9205813	Columnas	15-09-14
V-11	Vivienda unifam. 3°p	776514	9205571	Losa aligerada	15-09-14
V-12	Vivienda unifam. 1°p.	776559	9205279	Columnas	16-09-14
V-13	Vivienda unifam. 3°p.	777703	9205624	Losa aligerada	17-09-14
V-14	Vivienda unifam. 1°p.	776656	9204991	Losa aligerada	17-09-14
V-15	Vivienda unifam. 1°p.	777957	9205153	Losa aligerada	19-09-14
V-16	Vivienda unifam. 3°p.	776493	9205646	Columnas	19-09-14
V-17	Local almacén	777970	9205362	Columnas	20-09-14
V-18	Vivienda unifam. 1°p.	776454	9205713	Columna	22-09-14
V-19	Vivienda unifam. 1°p.	776779	9204989	Columnas	22-09-14
V-20	Vivienda unifam. 1°p.	777486	9205538	Columnas	23-09-14
V-21	Vivienda unifam. 2°p.	777685	9205661	Losa aligerada	26-09-14
V-22	Vivienda unifam. 1°p.	777734	9205561	Losa aligerada	26-09-14
V-23	Local almacén	776810	9205500	Columnas	29-09-14
V-24	Vivienda unifam. 2°p.	776640	9205539	Columnas	01-10-14
V-25	Vivienda unifam. 1°p.	776688	9205369	Columna	01-10-14
V-26	Vivienda unifam. 2°p.	776636	9205546	Columnas	04-10-14
V-27	Vivienda unifam. 2°p.	777679	9205616	Columnas	04-10-14
V-28	Vivienda unifam. 1°p.	777005	9205080	Losa aligerada	10-10-14
V-29	Vivienda unifam. 2°p.	777330	9205427	Columnas	11-10-14
V-30	Vivienda unifam. 1°p.	776751	9205570	Columnas	14-10-14

Fuente: Elaboración propia. () Las coordenadas están en el sistema WGS84-17S.*

4.1.2 FACTORES INFLUYENTES EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Para la evaluación del concreto hecho al pie de obra se consideró tomar los datos de campo más importantes que tendrían influencia directa en su resistencia a compresión, utilizando este parámetro para determinar su calidad y realizar las comparaciones; los datos están referidos al tipo de asesoría, tipo y procedencia de materiales, dosificación, formas de mezclado y asentamientos medidos con el cono de Abrams (de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.035, ASTM C 143/C143-2008. La información tomada en campo se presenta en la tabla N°8.

Tabla N°08. Datos tomados en campo durante el muestreo del concreto hecho al pie de obra.

Código Constr.	Respons. de ejecución	Dosific. (*)	Tipo cemento	Agregados		Agregado global de:	Agua	Forma mezclado	Slump Medido (cm)
				Fino de:	Gruoso de:				
V-01	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	18
V-02	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	17
V-05	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	16
V-06	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	17
V-09	Maestro de obra	1:9	I	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	15
V-10	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	17
V-17	Maestro de obra	1:9	I	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	15
V-18	Maestro de obra	1:9	I	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	15.5
V-19	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	16
V-20	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	16
V-23	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	15
V-25	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	16
V-26	Maestro de obra	1:9	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	18
V-08	Maestro de obra	1:8	MS	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	16
V-12	Maestro de obra	1:8	MS	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	15
V-13	Maestro de obra	1:8	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	18
V-14	Maestro de obra	1:8	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Mezcladora	15
V-16	Maestro de obra	1:8	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	15
V-24	Maestro de obra	1:8	ICo	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	12.5
V-29	Maestro de obra	1:8	I	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	13
V-30	Maestro de obra	1:8	MS	-	-	Cant. Cerro	Red Pública	Manual	17
V-03	Maestro de obra	1:5:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Manual	11
V-04	Maestro de obra	1:5:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	14
V-07	Maestro de obra	1:5:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	14.5
V-11	Maestro de obra	1:5:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	12
V-15	Maestro de obra	1:5:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	17
V-21	Maestro de obra	1:5:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	17
V-28	Maestro de obra	1:5:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	10
V-22	Maestro de obra	1:4:4	MS	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	11
V-27	Maestro de obra	1:4:4	ICo	Cant. Cerro	Cant. Rio	-	Red Pública	Mezcladora	12

Fuente: Elaboración propia. (*) Las dosificaciones mostradas son en "latas" de 0.018m³ aprox. por bolsa de cemento de 42.5 kg.

Agregado global de cerro "Cantera El Gavilán"

Agregado fino (arena) "Cantera El Gavilán"

Agregado grueso (piedra chancada) "Canteras Río Chonta"

Con los datos obtenidos en campo mostrados en la tabla N°8, se realizó el análisis para determinar los factores de mayor influencia en la resistencia del concreto hecho al pie de obra, los factores analizados son:

4.1.2.1 TIPO DE ASESORÍA Y CALIDAD DE MANO DE OBRA UTILIZADA

La asesoría especializada y/o técnica y la calidad de mano de obra que se utiliza en las construcciones, es uno de los factores principales que influyen en la calidad del concreto hecho al pie de obra. Para el estudio se consideró investigar principalmente sobre el tipo de asesoría que se utiliza, ya sea ingeniero y/o maestro de obra, quien debe ser el responsable de llevar el control de calidad de acuerdo a su conocimiento, experiencia y capacitación, pues los trabajadores de categoría inferior solamente cumplen con las indicaciones impuestas por su jefe inmediatamente superior, según las categorías que usualmente se manejan en construcción civil.

A. DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

Según la investigación realizada, en la tabla N°8 se puede observar que en la totalidad de las construcciones muestreadas se ha optado solamente por la asesoría de "Maestros de Obra", quienes son los encargados de dirigir totalmente la ejecución de las construcciones, no se observó en ningún caso la dirección especializada a cargo de un profesional (Ingeniero).

B. ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

Los responsables a cargo de dirigir la construcción, autodenominados "Maestros de Obra", conocen mínimamente sobre la importancia que tiene el concreto en una construcción, siendo evidente que no cumplen totalmente con los requisitos que la categoría lo exige, pues desarrollan procedimientos constructivos de una

manera no adecuada, prueba de ello son los bajos resultados de resistencia logrados por el concreto hecho al pie de obra (Resultados mostrados en la tabla N°13); por lo tanto, este factor si es considerado influyente.

Es importante indicar, que una limitación es no poder conocer previamente con certeza la capacidad y calidad de “Maestro de Obra” que se contrata, pues no existe en la actualidad una forma de acreditar las categorías en el sector construcción de nuestro país, más que por su rendimiento y calidad de trabajo; pero el problema es que no existe un encargado que lo evalúe y controle en este tipo de construcciones. La mayoría de “Maestros de Obra” realizan trabajos empíricamente, generalizando procedimientos constructivos y obteniendo resultados poco satisfactorios.

Es justificable que no exista la dirección técnica constante por parte de un profesional (Ingeniero), teniendo en cuenta el costo que implica la prestación de estos servicios y por la magnitud de las construcciones evaluadas (construcciones menores de 200 m²); sin embargo, si es de mucha importancia contar con este tipo asesoramiento para algunos aspectos importantes, entre ellos para verificar la calidad de materiales y elaboración del concreto.

4.1.2.2 MATERIALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

4.1.2.2.1 AGUA UTILIZADA

A. DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MUESTREO

Para la elaboración del “concreto hecho al pie de obra”, se determinó que en el 100% de las construcciones muestreadas se utilizó agua de la red pública de la Ciudad de Cajamarca (ver tabla N°8). El agua es almacena en cilindros para posteriormente utilizarla en la preparación de la mezcla de “concreto hecho al pie de obra” (ver panel fotográfico).

B. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

El agua utilizada, al provenir de la red pública de la ciudad de Cajamarca, indica que es apta para el consumo humano, por consiguiente es aceptable su uso para la elaboración de la mezcla de concreto. Sin embargo, teniendo en cuenta algunos estudios (manual control de calidad ASOCRETO), el agua potable podría afectar a la durabilidad del concreto por contener algunas sustancias adicionadas (cloro, etc.); sin embargo, en el presente estudio solamente se evalúa la resistencia a compresión; por lo tanto, este factor no es el de mayor influencia.

4.1.2.2.2 CEMENTO UTILIZADO

A. DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MUESTREO

Según la tabla N°8, en la evaluación del “concreto hecho al pie de obra” se determinó que el tipo de cemento de mayor uso es el de Cementos Pacasmayo Extraforte ICo de la norma ASTM C-595, NTP334.090:2013 (usado en 22 de 30 muestreos) y en menor escala el tipo de cemento MS de Pacasmayo de la norma ASTM C-1157, 334.082:2008 (usado en 4 de 30 muestreos) y tipo I de Pacasmayo, de la norma ASTM C-150, NTP 334.009:2013 (4 de 30 muestreos).

B. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

En este caso, según el fabricante (Cementos Pacasmayo), el cemento Extraforte ICo es un cemento de uso general recomendado para columnas, vigas, losas, cimentaciones y otras obras que no se encuentren en ambientes húmedos-salinosos. Este cemento contiene adiciones especialmente seleccionadas y formuladas que le brindan buena resistencia a la compresión, mejor trabajabilidad y moderado calor de hidratación.

Teniendo en cuenta las características y aplicaciones indicadas por el fabricante, para lograr una buena resistencia, se puede afirmar que el tipo de cemento de mayor incidencia en las construcciones muestreadas, Extraforte ICo de

Pacasmayo, si es el adecuado; sin embargo, en algunos casos se debe elegir por durabilidad un cemento tipo MS, recomendado para cimentaciones.

Sin embargo, el factor que incide en la resistencia del “concreto hecho al pie de obra” no es el tipo de cemento, sino que debe al bajo contenido de cemento en las mezclas, teniendo en cuenta la proporción de materiales (ver en 4.1.5.1).

4.1.2.2.3 AGREGADOS UTILIZADOS

A. DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MUESTREO

De la investigación realizada en campo, en la tabla N°8 se indica los tipos de agregados utilizados para la elaboración del “concreto hecho al pie de obra” en cada uno de los muestreos. A partir de esta información, en la tabla N°9 se muestra un cuadro de resumen sobre la cantidad de muestreos según el tipo de agregados utilizados.

Tabla N°09. Resumen de la cantidad de muestreos en función al tipo de agregados utilizados.

Tipo de agregado utilizado	Cantidad de construcciones	% de construcciones
A. fino y A. grueso	9	30
Agregado global	21	70

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla N°9, en el 70% de los muestreos realizados se utilizó el agregado global para la elaboración del “concreto hecho al pie de obra” (Caso típico 1), mientras que solamente en el 30% de los muestreos se utilizó agregado fino y grueso por separado (Caso típico 2). Según el caso, la procedencia de los agregados es:

Caso típico 1: Agregado fino y agregado grueso.

- El agregado fino fue arena de cerro y en todos los muestreos fue de la “Cantera el Gavilán”- Cajamarca.
- El agregado grueso fue piedra chancada de “Canteras del Río Chonta”, siendo constatare en todos los muestreos.

Caso típico 2: Agregado global.

- El agregado global fue material de cerro y en todos los muestreos fue de la “Cantera el Gavilán”- Cajamarca.

La procedencia indicada de los agregados utilizados, se basa en la información obtenida en consultas realizadas a cada “Maestro de Obra”, afirmando de que el uso frecuente de materiales procedentes de la “Cantera el Gavilán” y las “Canteras del Río Chonta” se debe a que existen proveedores en la zona de estudio que abastecen con estos materiales, sin embargo lo que sí se puede garantizar es sobre el tipo de agregado utilizado, ya sea de cerro o de río, pues esto se determinó con la observación directa de los materiales en campo durante la investigación. (Ver panel fotográfico).

B. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO DE MAYOR USO

Se consideró conveniente determinar algunas propiedades del agregado de mayor uso y más desventajoso, tal como se indica en la tabla N°9 es el agregado global y fue de la “Cantera El Gavilán – Cajamarca”. (Ver ensayos en anexos).

- Análisis granulométrico del agregado global de cerro

Los resultados del análisis granulométrico del agregado global de la “Cantera El Gavilán” – Cajamarca determinados según la NTP 400.012:12, ASTM C-36, comparados con los límites establecidos en el huso granulométrico para este tipo de agregado indicado en la NTP 400.037- Anexo A, se muestran en la tabla N° 10 y figura N° 04.

Tabla N°10. Comparación de la granulometría del agregado global de la cantera "el Gavilán" con el Huso indicado en la NTP 400.037- Anexo A.

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa	Límites de control (*)	
1 1/2"	37.5	100.0	100	100
3/4"	19	94.2	95	100
1/2"	12.5	79.3	75	85
3/8"	9.5	69.0	55	72
N° 4	4.75	47.5	35	55
N° 8	2.36	36.0	27	48.33
N°16	1.18	29.0	19	41.66
N°30	0.6	25.1	10	35
N° 50	0.3	20.1	5	21.5
N° 100	0.15	9.2	0	8

(*) Límites indicados en la NTP 400.037 - Anexo A.

Fuente: Elaboración propia.

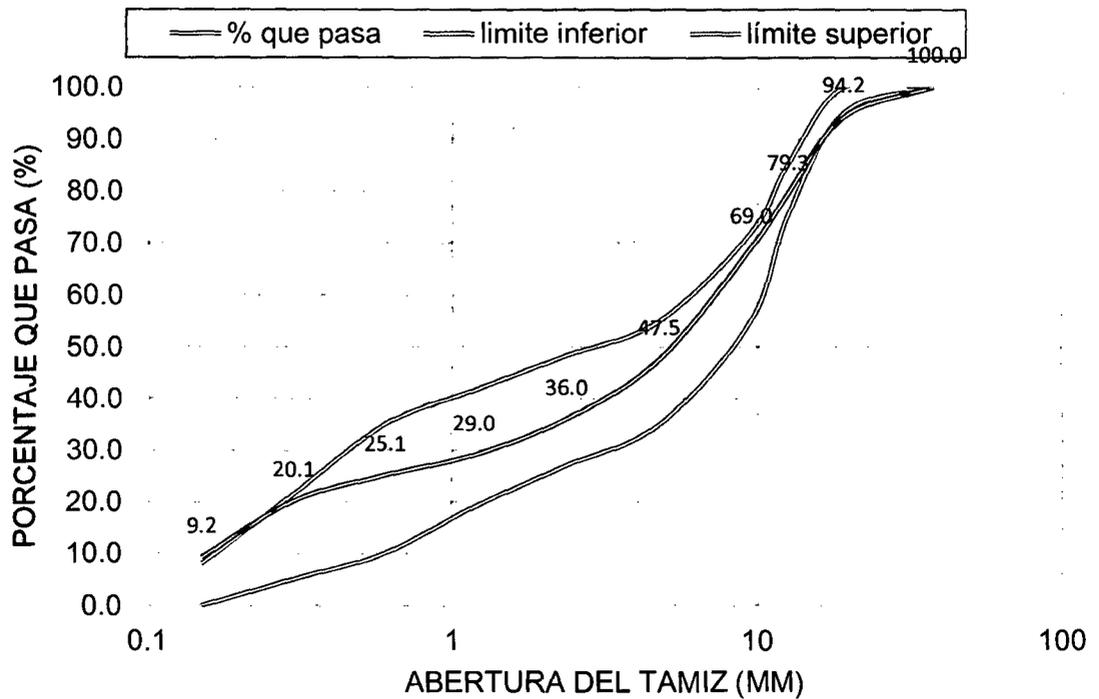


Figura N° 04. Curva granulométrica N°1 del agregado global de cerro de "Cantera el Gavilán" respecto a los límites establecidos en la NTP 400.037 – Anexo A.

Fuente: Elaboración propia.

- Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión del agregado global de la cantera el Gavilán – Cajamarca determinado según las indicaciones de la NTP 400.019, ASTM C-131 es de 62.82% (Ver ensayos en anexo B)

C. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS SOBRE USO DEL AGREGADO GLOBAL

El agregado global utilizado en la elaboración del “concreto hecho al pie de obra” no es de buena calidad, pues según la figura N°04, se puede afirmar que no cumple con el huso (indicado de manera informativa) de la norma NTP 400.037 – Anexo A, a pesar de que este huso tiene límites bastante amplios, además la misma norma recomienda hacer mezclas de prueba para una mejor experiencia.

Sin embargo, de acuerdo a la norma E.060, el agregado global sólo podrá emplearse en la elaboración de concreto con resistencia a compresión no mayor de 10 MPa a los 28 días; por lo tanto, se puede afirmar que no es adecuado utilizarlo en concretos estructurales.

El problema de usar agregado global es que no se conoce las proporciones de material fino y grueso, además por ser material de cerro el índice desgaste es 62.82% mayor a lo indicado en la NTP 400.037, ASTM C-33; pues la resistencia lograda del concreto es desfavorable (ver figura N°5). Por lo tanto, el tipo de agregados utilizados si es uno de los factores más influyentes.

4.1.2.3 DOSIFICACIÓN

La dosificación empleada para el “concreto hecho al pie” de obra no está regida por un diseño, siendo las dosificaciones utilizadas a criterio del encargado de la obra (“maestro de obra”) empíricamente, estas dosificaciones son variables tal como se muestra en la tabla N°9.

La dosificación se hace en volúmenes aparentes, en “latas” de 0.018 m³ (aproximadamente) por bolsa de cemento, siendo este método impreciso y

además no se lleva el control en la medición, siendo estas dosificaciones muy variables.

4.1.2.4 RELACIÓN AGUA/CEMENTO

La relación agua/cemento no es conocida en el “concreto hecho al pie de obra”, debido a que la cantidad de agua utilizada en la elaboración de la mezcla no es controlada, el agua es utilizada para dar fluidez a la mezcla, sin tener en consideración que es uno de los factores más importantes que rigen la resistencia del concreto.

4.1.2.5 MÉTODOS DE MEZCLADO

En el cuadro N° 8, se observa dos modos frecuentes de elaboración y mezclado del “concreto hecho al pie de obra”, según la investigación de campo, estos son:

- **Con mezcladora.** La elaboración del concreto hecho al pie de obra con mezcladora generalmente es para el vaciado de losas aligeradas y solamente en algunos casos para columnas.

- **Con herramientas manuales.** Cuando los elementos en construcción no son losas aligeradas, el modo de mezclado predominante es con herramientas manuales.

El modo de mezclado es de mucha importancia e influencia en la resistencia del concreto, sin embargo el 60 % de los muestreos el “concreto hecho al pie de obra” evaluados, es elaborado con mezcladora mientras que 30 % es elaborado con herramientas manuales. Estos resultados se muestran en la tabla N°11.

Tabla N°11. Resumen de la cantidad de muestreos en función al modo de elaboración de la mezcla de concreto.

Modo de mezclado	Cantidad de muestreos	% de muestreos
Con mezcladora	18	60
Herramientas manuales	12	30

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA FRESCO

4.1.3.1 SEGREGACIÓN

La segregación es evidente en “concreto hecho al pie de obra” (ver panel fotográfico), esto debido a la proporción no adecuada de agregados (arena de cerro y piedra chancada de río) y a la utilización del agregado global para la elaboración del concreto, este último se utiliza tal cual se extrae de la cantera desconociendo la proporción de componentes finos y gruesos que pueda tener; la segregación se incrementa debido a la adición excesiva de agua de mezclado y las mezclas con mayor efecto de segregación observadas son aquellas cuyo modo de mezclado es de forma manual que aquellas elaboradas con mezcladora.

La segregación presentada en aquellos casos donde se utilizó arena de cerro y piedra chancada de río, se debe a que existe una ligera diferencia en los pesos específicos, siendo el peso específico de la arena de cerro ($P_e = 2.65 \text{ gr/cm}^3$) mayor que el peso específico de piedra (2.56 gr/cm^3). Ver resultados de ensayos en anexos C y D.

4.1.3.2 ASENTAMIENTO

Se observó que el “concreto hecho al pie de obra” es elaborado con altos contenidos de agua de mezclado. Según los asentamientos medidos en campo mostrados en la tabla N°8, a partir de la cual se realiza una clasificación que se muestra en la tabla N° 12.

Tabla N°12. Resumen y clasificación de las mezclas en función al asentamiento medido en campo del concreto hecho al pie de obra.

Asentamiento (cm)	Cantidad de Muestras	% de Muestras	Conclusión
Menor a 7.5	0	0	Seca
7.5 - 15.0	9	30	Plástica
Mayor de 15.0	21	70	Fluida

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla N°12, se puede observar que el 70% de las mezclas muestreadas son fluidas (excesivamente), 30 % de las mezclas son adecuadas (plásticas) y que no se opta por elaborar mezclas secas.

4.1.3.3 TRABAJABILIDAD

Según el resumen presentado en la tabla N° 12, además considerando de que la trabajabilidad es medida en función del asentamiento y clasificada según la tabla N°4, se puede afirmar que las mezclas de concreto hecho al pie de obra son elaboradas excesivamente fluidas, por lo que vienen a ser excesivamente trabajables, optándose por esta condición con la finalidad de disminuir el esfuerzo para la colocación y acomodo del concreto en los encofrados, sin tener en cuenta de que esto tiene implicancia en la resistencia del concreto.

4.1.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA ENDURECIDO

4.1.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la de compresión evaluada a los 28 días ha sido el parámetro para evaluar y determinar la calidad del concreto hecho al pie de obra, los resultados obtenidos se presentan de manera separada teniendo en cuenta la dosificación aproximada de obra y también se analiza en forma general.

4.1.4.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN DOSIFICACIONES

- **DOSIFICACIÓN 1:9 (Cemento: Agregado global de cerro).** Dosificaciones en volúmenes aparentes de aprox. 0.018m³ por bolsa de cemento de 42.5 kg.

Tabla N°13. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:9.

Código Constr.	f'c evaluada (kg/cm2)	Código probeta	Diám. (cm)	Área (cm2)	Carga (Kg)	f'c Obtenida (kg/cm2)	f'c Promedio (kg/cm2)	% Alcanz.
V-01	210	V-01-1	15.10	179.1	18500	103.3	96.4	45.89
		V-01-2	15.20	181.5	17500	96.4		
		V-01-3	15.10	179.1	16000	89.3		
V-02	210	V-02-1	15.40	186.3	17000	91.3	93.4	44.47
		V-02-2	15.30	183.9	17500	95.2		
		V-02-3	15.20	181.5	17000	93.7		
V-05	210	V-05-1	15.10	179.1	24500	136.8	130.8	62.29
		V-05-2	15.40	186.3	24000	128.8		
		V-05-3	15.20	181.5	23000	126.8		
V-06	210	V-06-1	15.10	179.1	26500	148.0	147.8	70.36
		V-06-2	15.40	186.3	27000	145.0		
		V-06-3	15.40	186.3	28000	150.3		
V-09	210	V-09-1	15.10	179.1	23500	131.2	136.2	64.85
		V-09-2	15.20	181.5	26000	143.3		
		V-09-3	15.10	179.1	24000	134.0		
V-10	210	V-10-1	15.40	186.3	24000	128.8	125.8	59.91
		V-10-2	15.30	183.9	23000	125.1		
		V-10-3	15.40	186.3	23000	123.5		
V-17	210	V-17-1	15.40	186.3	23000	123.5	120.7	57.48
		V-17-2	15.10	179.1	22500	125.6		
		V-17-3	15.20	181.5	20500	113.0		
V-18	210	V-18-1	15.10	179.1	17500	97.7	96.4	45.92
		V-18-2	15.40	186.3	18000	96.6		
		V-18-3	15.10	179.1	17000	94.9		
V-19	210	V-19-1	15.40	186.3	23500	126.2	132.7	63.17
		V-19-2	15.10	179.1	24000	134.0		
		V-19-3	15.20	181.5	25000	137.8		
V-20	210	V-20-1	15.40	186.3	26000	139.6	147.3	70.14
		V-20-2	15.10	179.1	27000	150.8		
		V-20-3	15.20	181.5	27500	151.5		
V-23	210	V-23-1	15.10	179.1	23500	131.2	124.2	59.14
		V-23-2	15.20	181.5	21500	118.5		
		V-23-3	15.10	179.1	22000	122.9		
V-25	210	V-25-1	15.30	183.9	31500	171.3	163.4	77.80
		V-25-2	15.30	183.9	29000	157.7		
		V-25-3	15.40	186.3	30000	161.1		
V-26	210	V-26-1	15.30	183.9	24000	130.5	134.4	64.02
		V-26-2	15.20	181.5	26000	143.3		
		V-26-3	15.20	181.5	23500	129.5		

Fuente: Elaboración propia.

- **DOSIFICACIÓN 1:8 (Cemento: Agregado global de cerro).** Dosificaciones en volúmenes aparentes de aprox. 0.018m³ por bolsa de cemento de 42.5 kg.

Tabla N°14. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:8.

Código Constr.	f ^c evaluada (kg/cm ²)	Código probeta	Diám. (cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	f ^c Obtenida (kg/cm ²)	f ^c Promedio (kg/cm ²)	% Alcanz.
V-08	210	V-08-1	15.40	186.3	28000	150.3	152.1	72.43
		V-08-2	15.40	186.3	28000	150.3		
		V-08-3	15.40	186.3	29000	155.7		
V-12	210	V-12-1	15.10	179.1	27000	150.8	148.3	70.61
		V-12-2	15.20	181.5	25500	140.5		
		V-12-3	15.10	179.1	27500	153.6		
V-13	210	V-13-1	15.40	186.3	25500	136.9	135.0	64.31
		V-13-2	15.40	186.3	25000	134.2		
		V-13-3	15.10	179.1	24000	134.0		
V-14	210	V-14-1	15.20	181.5	28000	154.3	155.5	74.02
		V-14-2	15.10	179.1	28000	156.4		
		V-14-3	15.40	186.3	29000	155.7		
V-16	210	V-16-1	15.40	186.3	28000	150.3	155.5	74.05
		V-16-2	15.10	179.1	28000	156.4		
		V-16-3	15.20	181.5	29000	159.8		
V-24	210	V-24-1	15.20	181.5	29000	159.8	156.7	74.61
		V-24-2	15.40	186.3	27500	147.6		
		V-24-3	15.20	181.5	29500	162.6		
V-29	210	V-29-1	15.20	181.5	31000	170.8	157.3	74.91
		V-29-2	15.20	181.5	27000	148.8		
		V-29-3	15.30	183.9	28000	152.3		
V-30	210	V-30-1	15.30	183.9	27500	149.6	145.1	69.10
		V-30-2	15.40	186.3	25000	134.2		
		V-30-3	15.20	181.5	27500	151.5		

Fuente: Elaboración propia.

- **DOSIFICACIÓN 1:4:4 (Cemento: Arena de cerro: Piedra chancada de rio).** Dosificaciones en volúmenes aparentes de aprox. 0.018m³ por bolsa de cemento de 42.5 kg.

Tabla N°15. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:4:4.

Código Constr.	f'c evaluada (kg/cm ²)	Código probeta	Diám. (cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	f'c Obtenida (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)	% Alcanz.
V-22	210	V-22-1	15.10	179.1	36000	201.0	200.1	95.30
		V-22-2	15.20	181.5	37000	203.9		
		V-22-3	15.10	179.1	35000	195.4		
V-27	210	V-27-1	15.10	179.1	33000	184.3	176.6	84.07
		V-27-2	15.30	183.9	33500	182.2		
		V-27-3	15.30	183.9	30000	163.2		

Fuente: Elaboración propia.

- **DOSIFICACIÓN 1:5:4 (Cemento: Arena de cerro: Piedra chancada de río).**

Dosificaciones en volúmenes aparentes de aprox. 0.018m³ por bolsa de cemento de 42.5 kg.

Tabla N°16. Resistencia a compresión a los 28 días del concreto hecho al pie de obra, con una proporción en volúmenes de obra de 1:5:4.

Código Constr.	f'c evaluada (kg/cm ²)	Código probeta	Diám. (cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	f'c Obtenida (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)	% Alcanz.
V-03	210	V-03-1	15.10	179.1	30500	170.3	174.5	83.08
		V-03-2	15.20	181.5	31500	173.6		
		V-03-3	15.30	183.9	33000	179.5		
V-04	210	V-04-1	15.30	183.9	27000	146.9	154.1	73.39
		V-04-2	15.10	179.1	27500	153.6		
		V-04-3	15.10	179.1	29000	161.9		
V-07	210	V-07-1	15.10	179.1	33000	184.3	186.2	88.67
		V-07-2	15.20	181.5	35000	192.9		
		V-07-3	15.10	179.1	32500	181.5		
V-11	210	V-11-1	15.10	179.1	33000	184.3	184.7	87.95
		V-11-2	15.20	181.5	33500	184.6		
		V-11-3	15.40	186.3	34500	185.2		
V-15	210	V-15-1	15.40	186.3	30000	161.1	161.9	77.10
		V-15-2	15.10	179.1	31000	173.1		
		V-15-3	15.20	181.5	27500	151.5		
V-21	210	V-21-1	15.10	179.1	31000	173.1	161.5	76.90
		V-21-2	15.40	186.3	29000	155.7		
		V-21-3	15.40	186.3	29000	155.7		
V-28	210	V-28-1	15.40	186.3	35000	187.9	183.3	87.31
		V-28-2	15.40	186.3	32500	174.5		
		V-28-3	15.30	183.9	34500	187.6		

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las dosificaciones de obra, se clasificó y se determinó por separado las resistencias promedio, estos resultados se expresan gráficamente en la figura N°5.

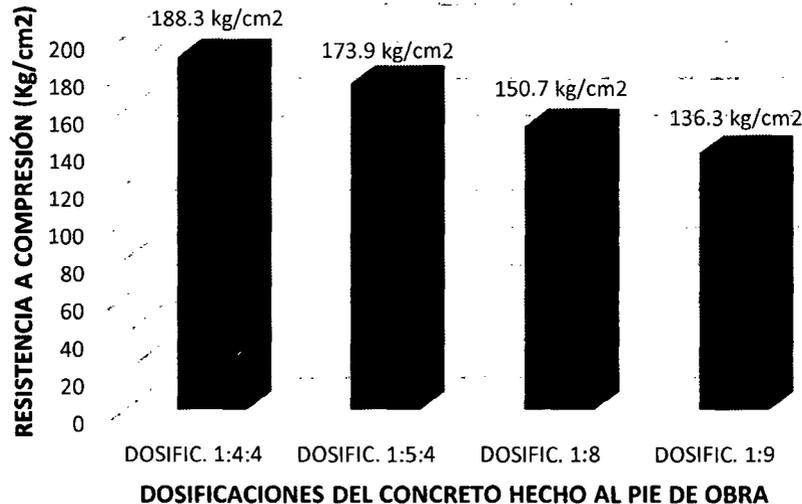


Figura N°05. Resistencias promedio del concreto hecho al pie de obra teniendo en cuenta las dosificaciones de obra.

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura N°05, la dosificación 1:4:4 en volúmenes de obra de aprox. 0.018 m³ por bolsa de cemento, es la única que supera el 85% de la resistencia $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ según lo recomendado en la norma E.060. Las otras dosificaciones no alcanzan la resistencia mínima $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, que debe tener el concreto estructural según la norma en mención. Estos resultados confirman que no es recomendable incrementar la cantidad de arena, debido a que se incrementa la superficie específica en los agregados y esto requiere un mayor contenido de cemento; mientras al usar agregado global, se evidencia que las resistencias son totalmente desfavorables.

4.1.4.1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN FUNCIÓN A CUMPLIR

Para analizar la resistencia del “concreto hecho al pie de obra”, según la función a cumplir, se considera que la resistencia de comparación según la norma E.060, en elementos estructurales teniendo en cuenta consideraciones sísmicas debe

ser 210 kg/cm²; por lo tanto, se realizó en análisis general de todos los 30 muestreos.

Tabla N°17. Resistencias a compresión a los 28 días del total de muestreos del concreto hecho al pie de obra.

Código Constr.	Resistencia a la compresión (Kg/Cm2)			Resistencia a la compresión promedio (Kg/Cm2)	Slump Medido (cm)
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3		
V-01	103.3	96.4	89.3	96.4	18
V-02	91.3	95.2	93.7	93.4	17
V-03	170.3	173.6	179.5	174.5	11
V-04	146.9	153.6	161.9	154.1	14
V-05	136.8	128.8	126.8	130.8	16
V-06	148.0	145.0	150.3	147.8	17
V-07	184.3	192.9	181.5	186.2	14.5
V-08	150.3	150.3	155.7	152.1	16
V-09	131.2	143.3	134.0	136.2	15
V-10	128.8	125.1	123.5	125.8	17
V-11	184.3	184.6	185.2	184.7	12
V-12	150.8	140.5	153.6	148.3	15
V-13	136.9	134.2	134.0	135.0	18
V-14	154.3	156.4	155.7	155.5	15
V-15	161.1	173.1	151.5	161.9	17
V-16	150.3	156.4	159.8	155.5	15
V-17	123.5	125.6	113.0	120.7	15
V-18	97.7	96.6	94.9	96.4	15.5
V-19	126.2	134.0	137.8	132.7	16
V-20	139.6	150.8	151.5	147.3	16
V-21	173.1	155.7	155.7	161.5	17
V-22	201.0	203.9	195.4	200.1	11
V-23	131.2	118.5	122.9	124.2	15
V-24	159.8	122.9	162.6	148.4	12.5
V-25	171.3	157.7	161.1	163.4	16
V-26	130.5	143.3	129.5	134.4	18
V-27	184.3	182.2	163.2	176.6	12
V-28	187.9	174.5	187.6	183.3	10
V-29	170.8	148.8	152.3	157.3	13
V-30	149.6	134.2	151.5	145.1	17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°18. Resumen y clasificación de las resistencias a compresión del concreto hecho al pie de obra a los 28 días.

Calidad	Resistencia a la compresión (Kg/Cm ²)	Cantidad de construcciones	% de construcciones	Conclusión
Pésima	0 - 100	3	10.0	No cumple
Muy mala	100 - 140	8	26.7	No cumple
Mala	140 - 175	14	46.7	No cumple
Regular	175 - 210	5	16.6	Podría cumplir
Buena	210 - más	0	0	Cumple
TOTAL		28	100	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°18, se puede observar que el “concreto hecho al pie de obra” en ningún muestreo logró alcanzar la escala de calidad buena (superior a 210kg/cm²) y solamente un 16.7% de construcciones muestreadas alcanza la escala de regular. Los resultados que están en la escala de regular, podrían ser aceptables debido a que la resistencia no es excesivamente baja y por la consideración de la norma E.060, de que la resistencia mínima del concreto estructural debe ser $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$).

4.1.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

4.1.4.2.1 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Para poder evaluar y comparar la calidad del “concreto hecho al pie de obra” en función a la resistencia a compresión, con el total de muestreos, se pudo determinar los parámetros estadísticos más importantes que se presentan en la tabla N°19.

Tabla N°19. Resumen de los parámetros estadísticos calculados a partir de las resistencias a compresión del concreto hecho al pie de obra.

Medida estadística	Valor calculado
N° de muestreos	30
Promedio	147.9 kg/cm ²
Desviación estándar	26.5 kg/cm ²
Coefficiente de variación	17.9 %
Máximo	200.1 kg/cm ²
Mínimo	93.4 kg/cm ²
Amplitud	107 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Según el cuadro N°19, se puede decir que el “concreto hecho al pie de obra” en la zona Mollepampa - Cajamarca es de mala calidad; pues según el promedio de resistencia calculado, se comprueba que es mucho menor que la resistencia considerada para la evaluación que es $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ e inclusive también está por debajo de la resistencia mínima de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ que debería tener el concreto estructural según la norma E.060. La desviación estándar calculada es alta lo que indica que las resistencias tienen un alto grado de dispersión y según el coeficiente de variación se puede afirmar que existe alta variabilidad, pues estos resultados deberían ser más uniformes debido a que el concreto es utilizado en elementos estructurales, cuya resistencia a la compresión debería ser similar.

4.1.4.2.2 GRÁFICOS DE CONTROL

Con la finalidad de poder interpretar mejor y relacionar los valores de resistencia lograda por el “concreto hecho al pie de obra” se presenta la figura N°06, en la cual se puede apreciar que en ningún caso los valores superan el $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que deberían tener los elementos estructurales evaluados y solamente en algunos caso superan la resistencia mínima de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

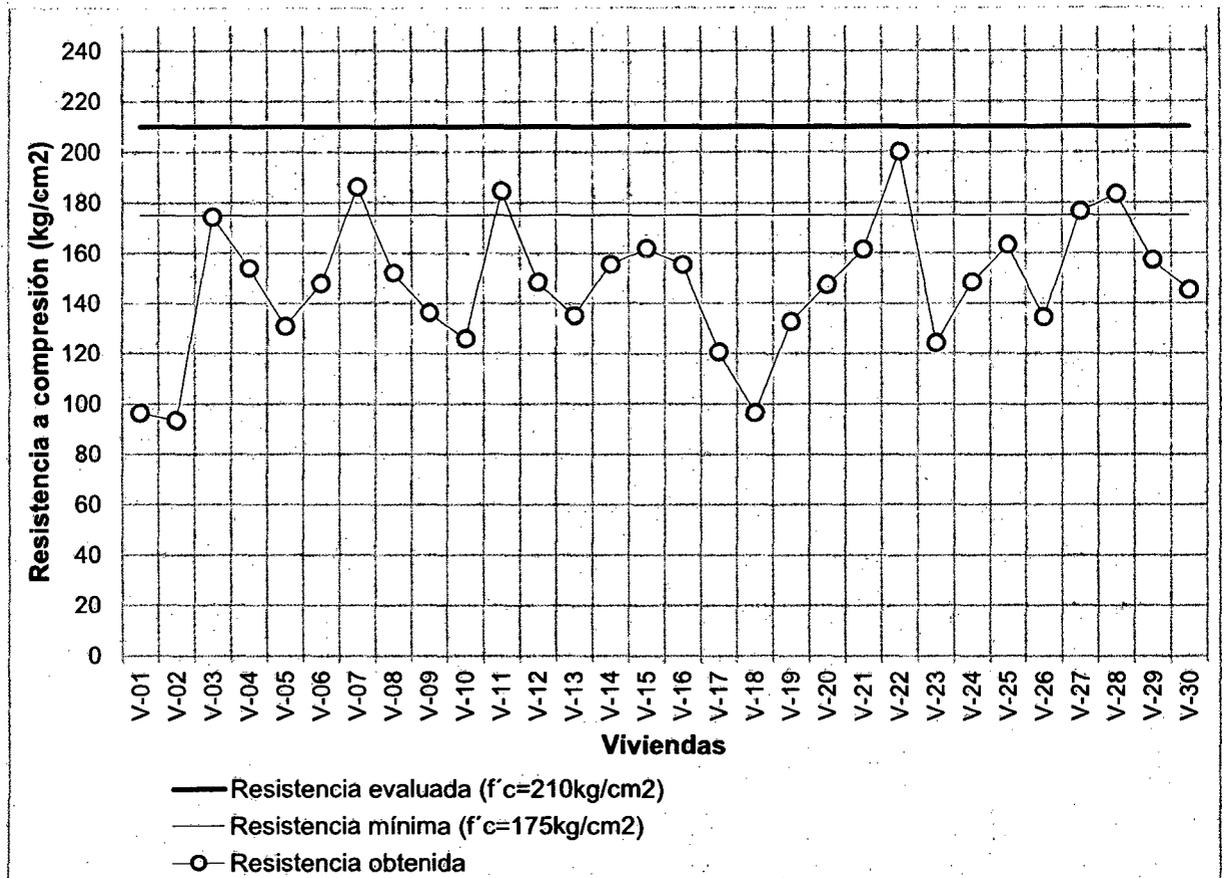


Figura N°06. Resistencias logradas por el concreto hecho al pie de obra respecto de la resistencia evaluada.

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura N°06 del asentamiento vs la resistencia, se puede observar claramente que a medida que el asentamiento aumenta la resistencia tiende a bajar, esto indica que el exceso de agua de mezclado disminuye la resistencia a compresión del concreto.

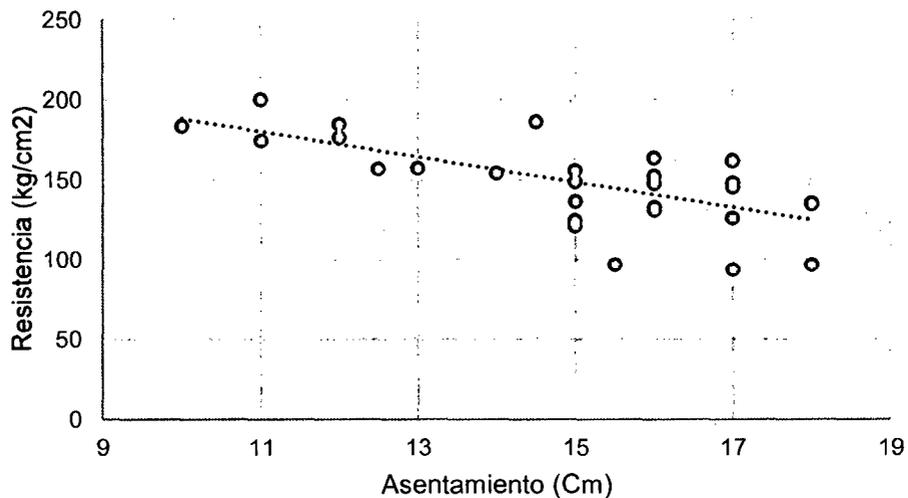


Figura N°07. Gráfica del asentamiento del concreto hecho al pie de obra medido en campo vs. la resistencia lograda a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD

Con el ensayo de resistencia a compresión uniaxial de especímenes de concreto, según la NTP 339.034:2008 rev. 2013 (ASTM C39/C39M-05e1), también se logró determinar los módulos de elasticidad (ver anexo F), el resumen se presentan en la tabla N°20. El módulo de elasticidad al estar relacionado con la resistencia a compresión (esfuerzo) varía en función a esta; al ser las resistencias del “concreto hecho al pie de obra bajas”, los módulos de elasticidad también son mucho menores que los valores teóricos ($E=217000$ para $f'c=210$ kg/cm^2), los cuales se asumen para diseño estructural.

Tabla N°20. Módulos de elasticidad del concreto hecho al pie de obra.

CÓDIGO MUESTRA	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
	$E = 15000 \cdot (f'c)^{1/2}$	E con la tangente
V-01-1	150035.7	137848.4
V-03-1	194792.5	171451.2
V-05-1	172987.0	158654.8
V-07-2	205723.3	190285.4
V-09-3	171539.8	166201.9
V-11-3	204221.8	186590.0
V-13-2	170578.9	151703.1
V-15-1	187058.4	168520.5
V-17-2	168104.7	157774.1
V-19-2	170049.7	159596.0
V-21-3	185677.7	163478.7
V-23-2	161356.7	159436.1
V-25-3	185129.8	164208.0
V-27-3	185552.0	171022.6
V-29-2	179747.9	161347.8
PROMEDIO	179503.7	164541.2

Fuente: elaboración propia

4.1.5 DETERMINACIÓN DEL COSTO DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA

Para determinar el costo de la unidad cubica del concreto hecho al pie de obra se tuvo que tomar datos de campo, sobre costos de materiales y medidas exactas en las dosificaciones de los materiales utilizados (la cantidad de agua no siempre es medida) por tanda, así como peso unitario del concreto y peso unitario de los materiales en cada caso, para luego poder determinar la cantidad de materiales necesarios por m³ de concreto, y realizar el análisis de costos. Determinar estos datos de campo para cada caso se convirtió en un factor limitante, por lo tanto solamente se evaluó un caso típico en el cual se utilizó arena de cerro y piedra chancada de río en proporción 1:5:4, dosificación en volúmenes aparentes de aprox. 0.018 m³ por bolsa de cemento y con 23 litros de agua.

4.1.5.1 ESTIMACIÓN DE MATERIALES POR m³ DE CONCRETO

La estimación de materiales por m³ de "concreto hecho al pie de obra", se determinó realizando el siguiente procedimiento:

DATOS DE CAMPO CONOCIDOS

Dosificación en volumen de obra	:	1 : 5 : 4 /23 lts/bolsa
Peso unitario del concreto fresco (ver anexo E)	:	2345.02 kg/m ³

* Teniendo en cuenta que la dosificación es en volúmenes aparentes de aproximadamente 0.018 m³ por bolsa de cemento.

DATOS DETERMINADOS EN LABORATORIO

P. U. Suelto seco A. fino (Arena de cerro)	:	1690.5 kg/m ³
P. U. Suelto seco A. grueso (P. chancada de río)	:	1495.6 kg/m ³
Contenido de humedad A. fino (Arena de cerro)	:	5.13 %
Contenido de humedad A. grueso (P. chancada de río)	:	1.58 %

PROCESAMIENTO DE DATOS

Pu suelto húmedo A. fino	=	1690.5 x1.0513
	=	1777.22 kg/m ³
Pu suelto húmedo A. grueso	=	1495.60x1.0158
	=	1519.23 kg/m ³

Pesos húmedos por bolsa de cemento :

Cemento	=	1x42.5	=	42.5 kg
Agua efectiva	=	23x1	=	23 kg
Agregado fino h.	=	5x0.018x1777.22	=	159.95 kg
Agregado grueso h.	=	4x0.018x1519.23	=	<u>109.38 kg</u>
Peso total de la tanda	=	∑ Pesos de tanda	=	334.83 kg

Rendimiento de la tanda de una bolsa:

$$\begin{aligned}\text{Rendimiento} &= \sum \text{Pesos de tanda/Pu. C}^\circ \text{ fresco} \\ &= 334.83/2345.02 \\ &= 0.14278\text{m}^3\end{aligned}$$

Número de tandas por m³:

$$\begin{aligned}\text{N}^\circ \text{ tandas} &= 1/\text{Rendimiento} \\ &= 1/0.1427 \\ &= 7.0 \text{ tandas/m}^3 &= \text{Factor cemento}\end{aligned}$$

Cantidad de materiales por m³:

$$\begin{aligned}\text{Cemento} &= 1 \times 7.0 &= \mathbf{7 \text{ bls}} \\ \text{Agua efectiva} &= 23 \times 7.0 &= \mathbf{161 \text{ lt}} \\ \text{Agregado fino h} &= 5 \times 0.018 \times 7.0 &= \mathbf{0.63 \text{ m}^3} \\ \text{Agregado grueso h} &= 4 \times 0.018 \times 7.0 &= \mathbf{0.504 \text{ m}^3}\end{aligned}$$

4.1.5.2 ANÁLISIS DE COSTOS POR m³ DE CONCRETO

Conociendo la cantidad de materiales necesarios para elaborar un m³ de concreto, se procedió a realizar el análisis para determinar cuánto es el costo estimado del “concreto hecho al pie de obra”, cuando los elementos construir son columnas y losas aligeradas en el primer nivel, teniendo en cuenta que para niveles superiores el costo de elaboración se incrementaría debido al aumento del costo en la mano de obra; sin embargo, en el presente estudio se limitó hacer ese análisis, considerando que el concreto debe ser de buena calidad desde el primer nivel.

Conociendo la cantidad de materiales que se utilizan en un m³ de concreto (calculados anteriormente e incrementados en un 5% por desperdicios), se procedió a calcular el costo del concreto hecho al pie de obra.

$$\begin{aligned}\text{Cemento} &= 7.0 \times 1.05 &= 7.35 \text{ kg} \\ \text{Agua efectiva} &= 161 \times 1.05 &= 169.1 \text{ lt} \\ \text{Agregado fino h} &= 0.63 \times 1.05 &= 0.6615 \text{ m}^3 \\ \text{Agregado grueso h} &= 0.504 \times 1.05 &= 0.529 \text{ m}^3\end{aligned}$$

A. COSTO DEL m³ DE CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA PARA COLUMNAS

Para poder determinar el costo del m³ de “concreto hecho al pie de obra” a ser utilizado en columnas, solamente se consideró la elaboración, el transporte y vaciado en sí, pues el personal necesario para el acomodo del material en el encofrado (vibrado, etc.), no se tuvo en cuenta, debido a que este procedimiento que se debe realizar siempre, así se utilice el otro tipo de concreto estudiado, considerándose constante en la determinación del costo.

Partida	ELABORACIÓN Y TRANSPORTE DE C° PARA COLUMNAS f'c=210 kg/cm ²						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m3	S/. 261.28		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
101	OPERADOR DE EQUIPO LIV.	hh	1.0000	1.0000	5.00	5.00	
102	PEÓN	hh	8.0000	8.0000	3.75	30.00	
35.00							
Materiales							
103	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.5290	60.00	31.74	
104	ARENA GRUESA	m3		0.6615	27.00	17.86	
105	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1691	1.50	0.25	
106	CEMENTO PORTLAND ICo (42.5 kg)	bls		7.3500	22.50	165.38	
215.23							
Equipos							
107	MEZCLADORA DE CONCRETO 09 P3 (23 HP)	hm	1.0000	1.0000	10.00	10.00	
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	35.00	1.05	
11.05							

B. COSTO DEL m³ DE CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA PARA LOSAS ALIGERADAS

Para poder determinar el costo del m³ de “concreto hecho al pie de obra” a ser utilizado en losa aligerada, solamente se consideró la elaboración, el transporte y vaciado en sí, pues el personal necesario para el acomodo del material en el encofrado (vibrado, nivelación, etc.), no se tuvo en cuenta, debido a que este

procedimiento se debe realizar siempre, así se utilice el otro tipo de concreto estudiado, considerándose constante en la determinación del costo.

Partida ELABORACIÓN Y TRANSPORTE DE C° EN LOSA ALIGERADA f'c=210 kg/cm2						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m3	S/.	243.91
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	OPERADOR DE EQUIPO LIV.	hh	1.0000	0.5333	5.00	2.67
	PEÓN	hh	10.0000	5.3333	3.75	20.00
						22.67
Materiales						
102	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.5290	60.00	31.74
103	ARENA GRUESA	m3		0.6615	27.00	17.86
103	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1691	1.50	0.25
104	CEMENTO PORTLAND TIPO IC _o (42.5 kg)	bls		7.3500	22.50	165.38
						215.23
Equipos						
105	MEZCLADORA DE CONCRETO 09 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.5333	10.00	5.33
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	22.67	0.68
						6.01

Tabla N°21. Costo estimado del concreto hecho al pie de obra según elemento estructural.

Volumen Concreto	C° hecho al pie de obra para:	
	Columnas	Losas aligeradas
1.00 m ³	S/. 261.28	S/. 243.91

Fuente: Elaboración propia.

4.2 EVALUACIÓN CONCRETO PREMEZCLADO

4.2.1 DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

Los datos generales del muestreo realizado del concreto premezclado llegado a obra, se presentan en la tabla N°22. En esta tabla se presenta de una manera detallada los datos informativos de la procedencia de las muestras ensayadas.

Tabla N°22. Datos generales del muestreo realizado del concreto premezclado llegado a obra.

Código (Mixer N°)	Obra o construcción	Ubicación (Dirección)	Tipo de estructura o elemento	Fecha de muestreo
M-01	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	24-09-14
M-02	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata	25-09-14
M-03	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	25-09-14
M-04	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	26-09-14
M-05	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Escalera	26-09-14
M-06	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	27-09-14
M-07	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	29-09-14
M-08	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	29-09-14
M-09	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	30-09-14
M-10	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Sobrecimiento	30-09-14
M-11	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	01-10-14
M-12	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata	02-10-14
M-13	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	02-10-14
M-14	Viv Unifamiliar	Psje. Mariano Melgar 286 Cajamarca.	Losa aligerada	03-10-14
M-15	Viv. Unifamiliar	Jr. San Roque 385 Cajamarca.	Losa aligerada	03-10-14
M-16	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	05-10-14
M-17	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Losa de piso estac...	06-10-14
M-18	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Losa de piso estac...	06-10-14
M-19	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Cerco Perim.	07-10-14
M-20	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata Niv -5.00	14-10-14
M-21	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	07-10-14
M-22	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	09-10-14
M-23	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	09-10-14
M-24	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	09-10-14
M-25	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata Niv -5.00	10-10-14
M-26	Viv Unifamiliar	Jr. Andrés Razuri Mz. C - 3 Cajamarca.	Losa aligerada	11-10-14
M-27	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	11-10-14
M-28	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata - Viga	13-10-14
M-29	C.C. Open Plaza	Av. Vía de Evit. N. S/N y. Jr. Zoilo León - Caj.	Zapata Niv -5.00	14-10-14
M-30	Viv Unifamiliar	Zona Aeropuerto S/N Cajamarca	Losa aligerada	15-10-14

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO PREMEZCLADO MUESTREADO

Para la evaluación de la calidad del concreto premezclado llegado obra en función a la resistencia a compresión, se lograron obtener los datos que se presentan en la tabla N°23.

Tabla N°23. Datos tomados en campo durante el muestreo del concreto premezclado llegado a obra.

Código (Mixer N°)	Diseño: f'_c (kg/cm ²)	Diseño: Cemento	Diseño: Huso	Diseño: Slump	Proveedor	Vol. Concreto (m ³)	Slump Medido (")
M-01	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	5 1/2
M-02	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	5
M-03	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-04	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	5 1/2
M-05	210	MS	57	4"-6"	DINO	6.00	5 1/2
M-06	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	5
M-07	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	5
M-08	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	6
M-09	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	5 1/2
M-10	210	MS	57	4"-6"	DINO	2.50	5 1/2
M-11	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	5
M-12	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-13	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	6
M-14	210	MS	67	4"-6"	DINO	7.00	6
M-15	210	MS	67	4"-6"	DINO	7.00	6
M-16	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	6
M-17	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-18	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	6
M-19	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	6
M-20	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	6
M-21	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-22	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-23	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	6
M-24	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	5
M-25	210	MS	57	4"-6"	DINO	7.00	5 1/2
M-26	210	MS	67	4"-6"	DINO	8.00	6
M-27	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-28	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-29	210	MS	57	4"-6"	DINO	8.00	6
M-30	210	MS	67	4"-6"	DINO	8.00	6

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos mostrados en la tabla N°23 se puede realizar el análisis de algunos parámetros importantes que pueden influenciar en la resistencia del

concreto, esto se hará solamente de manera limitada, pues este tipo de concreto es elaborado de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C-94 - NTP. 339.114, sin embargo la finalidad del presente trabajo es solamente evaluar si satisface o no las solicitudes del cliente en cuanto a resistencia, cuando ya es puesto en obra.

4.2.2.1 MATERIALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Debido a que es un producto prefabricado, los materiales componentes del concreto son seleccionados bajo un debido control de calidad; la información ha sido limitada por la planta productora de concreto (DINO), por lo que se consideró presentar solamente los datos obtenidos mediante la visita a la planta (ver panel fotográfico) de manera informativa y los datos obtenidos en campo durante el muestreo.

A. AGUA UTILIZADA

Se investigó (durante visita a la planta) que el agua utilizada en el mezclado es proveniente de río, la cual es transportada en cisternas y depositadas en tanques de almacenamiento en donde se le da el tratamiento adecuado para que cumpla con los requisitos establecidos en la norma NTP 339.088.

B. TIPO DE CEMENTO

En la totalidad de muestreos realizados, el cemento utilizado es el tipo MS de la norma NTP 334.082 (ASTM 1157), siendo la resistencia moderada a los sulfatos su propiedad característica (Según la tabla N°3). Sin embargo el tipo de cemento está sujeto a los requerimientos del cliente.

C. CALIDAD DE AGREGADOS

La información obtenida sobre el tipo y calidad de agregados durante los muestreos es limitada, sin embargo se llegó a conocer que la materia prima es material de río, específicamente de la "Cantera Rumicucho" Llacanora -

Cajamarca, este material es triturado en la chancadora propia de la planta de premezclado y los agregados son seleccionados y evaluados a través de pruebas de calidad, antes de utilizarlos en el concreto que se distribuye a los clientes. Durante los muestreos se pudo determinar que el agregado grueso constituyente de las mezclas de concreto evaluadas, se especifica que ajustan a los husos granulométricos 57 (muestras extraídas de C.C. Open Plaza) y 67 (muestras extraídas de viviendas unifamiliares) que se indica en la 400.037 (ver husos en anexo A).

D. ADITIVOS

El concreto premezclado evaluado en su composición estaba constituido por aditivo Sikament 290N, este tipo de aditivos según las especificaciones del fabricante es polifuncional para concretos y puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada (como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G), indicando además que incrementa las resistencia mecánica del concreto. Es muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo. El Sikament 290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras. (Según especificaciones técnicas).

En los muestreos realizados el aditivo ha sido utilizado solamente para dar plasticidad a la mezcla.

4.2.2.2 DOSIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DEL CONCRETO

El concreto premezclado al ser un producto industrializado está obligado a cumplir con las indicaciones de la norma ASTM C-94, NTP. 339.114, Este tipo de concreto es elaborado teniendo en cuenta las propiedades y características de sus componentes así como de la obra (información proporcionada por el cliente), se rige por un previo diseño, las proporciones son realizadas en planta

dosificadora, por pesos (siendo este método más preciso), el mezclado se realiza en camiones mezcladores “mixer”, en los mismos que es transportado a obra.

4.2.2.3 TIEMPO DE TRANSPORTE

Un parámetro importante que influye en las propiedades del concreto premezclado es el tiempo de transporte, pues el fabricante establece un límite de tiempo durante el cual garantiza la calidad del concreto, al exceder este límite las propiedades se ven alteradas.

4.2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO PREMEZCLADO FRESCO

4.2.3.1 SEGREGACIÓN

Se logró observar que el concreto premezclado no presentó el efecto de segregación en ninguno de los muestreos realizados, esto indica que la selección de sus componentes (agregados) si es la adecuada, además se debe al adecuado modo de mezclado.

4.2.3.2 ASENTAMIENTO

El asentamiento medido en campo del concreto premezclado se midió en cm, sin embargo con la finalidad de poder comparar con el de diseño se convirtió a pulgadas y los límites permisibles indicados en la norma ASTM C-94 (con aprox. ½” pulgada). En la tabla N° 23 se puede observar que en el 100% de los muestreos realizados el asentamiento medido cumplió con el de diseño. El asentamiento de diseño en todos los muestreos fue de 4” a 6”, este asentamiento proporciona mezclas fluidas; sin embargo esto está en función al requerimiento del solicitante.

4.2.3.3 TRABAJABILIDAD

De acuerdo al asentamiento medido en cada muestreo (dentro del rango 4”a 6”), el concreto premezclado evaluado tuvo alta trabajabilidad, sin embargo esto no

es un error por exceso de agua de mezclado, sino que es el efecto producido por el aditivo utilizado (Sikament 290N); este efecto estaba contemplado en el diseño y se puede afirmar que no disminuye la resistencia; por el contrario, el uso de este aditivo mejora la resistencias mecánica (según especificación técnica).

4.2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO PREMEZCLADO ENDURECIDO

4.2.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia en el presente estudio está referida a la de compresión, la cual ha sido el parámetro para evaluar y determinar la calidad del concreto premezclado, los resultados obtenidos se presentan en la tabla N°24.

Tabla N°24. Resultados de ensayos a compresión del concreto premezclado a los 28 días.

Código (Mixer N°)	Fecha		Edad (días)	f'c Diseño (kg/cm2)	Código probeta	Diám. (cm)	Área (cm2)	Carga (Kg)	f'c Obtenida (kg/cm2)	f'c Promedio (kg/cm2)	% Alcanzado
	Vaciado	Ensayo									
M-01	24/09/2014	22/10/2014	28	210	M-01-1	15.20	181.5	41500	228.7	230.1	109.56
					M-01-2	15.20	181.5	42000	231.5		
M-02	25/09/2014	23/10/2014	28	210	M-02-1	15.20	181.5	38000	209.4	210.8	100.38
					M-02-2	15.10	179.1	38000	212.2		
M-03	25/09/2014	23/10/2014	28	210	M-03-1	15.10	179.1	42000	234.5	234.5	111.68
					M-03-2	15.10	179.1	42000	234.5		
M-04	26/09/2014	24/10/2014	28	210	M-04-1	15.20	181.5	38500	212.2	213.5	101.69
					M-04-2	15.20	181.5	39000	214.9		
M-05	26/09/2014	24/10/2014	28	210	M-05-1	15.20	181.5	39000	214.9	216.3	103.00
					M-05-2	15.20	181.5	39500	217.7		
M-06	27/09/2014	25/10/2014	28	210	M-06-1	15.20	181.5	43500	239.7	238.3	113.50
					M-06-2	15.20	181.5	43000	237.0		
M-07	29/09/2014	27/10/2014	28	210	M-07-1	15.20	181.5	42500	234.2	235.6	112.19
					M-07-2	15.20	181.5	43000	237.0		
M-08	29/09/2014	27/10/2014	28	210	M-08-1	15.20	181.5	42500	234.2	235.6	112.19
					M-08-2	15.20	181.5	43000	237.0		
M-09	30/09/2014	28/10/2014	28	210	M-09-1	15.20	181.5	43000	237.0	237.0	112.84
					M-09-2	15.20	181.5	43000	237.0		
M-10	30/09/2014	28/10/2014	28	210	M-10-1	15.20	181.5	40500	223.2	223.2	106.28
					M-10-2	15.20	181.5	40500	223.2		
M-11	01/10/2014	29/10/2014	28	210	M-11-1	15.20	181.5	38000	209.4	210.8	100.38
					M-11-2	15.20	181.5	38500	212.2		
M-12	02/10/2014	30/10/2014	28	210	M-12-1	15.20	181.5	39000	214.9	213.5	101.69
					M-12-2	15.20	181.5	38500	212.2		
M-13	02/10/2014	30/10/2014	28	210	M-13-1	15.20	181.5	40500	223.2	221.8	105.63
					M-13-2	15.20	181.5	40000	220.4		
M-14	03/10/2014	31/10/2014	28	210	M-14-1	15.20	181.5	40000	220.4	227.3	108.25
					M-14-2	15.20	181.5	42500	234.2		

Código (Mixer N°)	Fecha		Edad (días)	f'c Diseño (kg/cm2)	Código probeta	Diám. (cm)	Área (cm2)	Carga (Kg)	f'c Obtenida (kg/cm2)	f'c Promedio (kg/cm2)	% Alcanz.
	Vaciado	Ensayo									
M-15	03/10/2014	31/10/2014	28	210	M-15-1	15.20	181.5	40500	223.2	220.4	104.97
					M-15-2	15.20	181.5	39500	217.7		
M-16	05/10/2014	02/11/2014	28	210	M-16-1	15.20	181.5	42500	234.2	234.2	111.53
					M-16-2	15.20	181.5	42500	234.2		
M-17	06/10/2014	03/11/2014	28	210	M-17-1	15.20	181.5	41500	228.7	230.1	109.56
					M-17-2	15.20	181.5	42000	231.5		
M-18	06/10/2014	03/11/2014	28	210	M-18-1	15.20	181.5	45500	250.7	249.4	118.75
					M-18-2	15.20	181.5	45000	248.0		
M-19	07/10/2014	04/11/2014	28	210	M-19-1	15.20	181.5	44500	245.2	243.9	116.12
					M-19-2	15.20	181.5	44000	242.5		
M-20	07/10/2014	04/11/2014	28	210	M-20-1	15.20	181.5	44000	242.5	243.9	116.12
					M-20-2	15.20	181.5	44500	245.2		
M-21	07/10/2014	04/11/2014	28	210	M-21-1	15.20	181.5	40500	223.2	224.6	106.94
					M-21-2	15.20	181.5	41000	225.9		
M-22	09/10/2014	06/11/2014	28	210	M-22-1	15.20	181.5	42500	234.2	234.2	111.53
					M-22-2	15.20	181.5	42500	234.2		
M-23	09/10/2014	06/11/2014	28	210	M-23-1	15.20	181.5	39500	217.7	219.1	104.31
					M-23-2	15.20	181.5	40000	220.4		
M-24	09/10/2014	06/11/2014	28	210	M-24-1	15.20	181.5	43500	239.7	238.3	113.50
					M-24-2	15.20	181.5	43000	237.0		
M-25	10/10/2014	07/11/2014	28	210	M-25-1	15.20	181.5	41500	228.7	230.1	109.56
					M-25-2	15.20	181.5	42000	231.5		
M-26	10/10/2014	07/11/2014	28	210	M-26-1	15.20	181.5	47000	259.0	259.0	123.34
					M-26-2	15.20	181.5	47000	259.0		
M-27	11/10/2014	08/11/2014	28	210	M-27-1	15.20	181.5	46500	256.3	254.9	121.37
					M-27-2	15.20	181.5	46000	253.5		
M-28	13/10/2014	10/11/2014	28	210	M-28-1	15.20	181.5	43500	239.7	239.7	114.15
					M-28-2	15.20	181.5	43500	239.7		
M-29	14/10/2014	11/11/2014	28	210	M-29-1	15.20	181.5	41500	228.7	228.7	108.91
					M-29-2	15.20	181.5	41500	228.7		
M-30	14/10/2014	11/11/2014	28	210	M-30-1	15.20	181.5	41500	228.7	227.3	108.25
					M-30-2	15.20	181.5	41000	225.9		

Fuente: Elaboración propia con los resultados obtenidos en los ensayos.

En la tabla N°24, se puede observar que el 100 % de los muestreos realizados está por encima del valor de resistencia de diseño evaluada ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$). Sin embargo, el objetivo no solamente es sobrepasar el valor de resistencia, sino que además estos resultados obtenidos no deben ser excesivamente elevados, pues la calidad del concreto está en función a la dispersión y variabilidad de los resultados de resistencia. Para una mejor interpretación de los resultados se realiza el análisis estadístico.

4.2.4.2 EVALUACIÓN SEGÚN LOS CRITERIOS NORMATIVOS

Contando con la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos, se analizó los criterios de aceptación del concreto, asignados por la ASTM C-94, los son considerados también por el ACI 318 y tomados por la E.060. Los datos se presentan en la tabla N°.25.

Tabla N°25. Verificación de los criterios de la ASTM C-94 para la aceptación del concreto premezclado.

Código (Mixer N°)	f'c a 28 días (Kg/Cm2)		Promedio (Kg/Cm2)	Promedio móvil (Kg/Cm2)	Criterio 1: Prom. > f'c - 35	Criterio 2: Prom. móvil > f'c
	Probeta 1	Probeta 2				
M-01	228.7	231.5	230.1	-	si	-
M-02	209.4	212.2	210.8	-	si	-
M-03	234.5	234.5	234.5	225.1	si	si
M-04	212.2	214.9	213.5	219.6	si	si
M-05	214.9	217.7	216.3	221.5	si	si
M-06	239.7	237.0	238.3	222.7	si	si
M-07	234.2	237.0	235.6	230.1	si	si
M-08	234.2	237.0	235.6	236.5	si	si
M-09	237.0	237.0	237.0	236.1	si	si
M-10	223.2	223.2	223.2	231.9	si	si
M-11	209.4	212.2	210.8	223.7	si	si
M-12	214.9	212.2	213.5	215.8	si	si
M-13	223.2	220.4	221.8	215.4	si	si
M-14	220.4	234.2	227.3	220.9	si	si
M-15	223.2	217.7	220.4	223.2	si	si
M-16	234.2	234.2	234.2	227.3	si	si
M-17	228.7	231.5	230.1	228.2	si	si
M-18	250.7	248.0	249.4	237.9	si	si
M-19	245.2	242.5	243.9	241.1	si	si
M-20	242.5	245.2	243.9	245.7	si	si
M-21	223.2	225.9	224.6	237.4	si	si
M-22	234.2	234.2	234.2	234.2	si	si
M-23	217.7	220.4	219.1	225.9	si	si
M-24	239.7	237.0	238.3	230.5	si	si
M-25	228.7	231.5	230.1	229.2	si	si
M-26	259.0	259.0	259.0	242.5	si	si
M-27	256.3	253.5	254.9	248.0	si	si
M-28	239.7	239.7	239.7	251.2	si	si
M-29	228.7	228.7	228.7	241.1	si	si
M-30	228.7	225.9	227.3	231.9	si	si

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N° 25, se concluye para los requisitos de resistencia que:

Criterio 1: Promedio individual > f'c – 35 kg/cm² : 100% Cumple

Criterio 2: Promedio móvil > f'c : 100 % Cumple

Por lo tanto se puede decir que el concreto premezclado producido por "DINO" según su resistencia cumple con los requisitos de resistencia y por lo tanto es aceptable.

4.2.4.3 ANÁLISIS EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Finalmente, después haber realizado la evaluación de la resistencia del concreto premezclado (producido por DINO) en un total de treinta muestreos se pudo determinar los parámetros estadísticos más importantes que se presentan en la tabla N°26.

Tabla N°26. Resumen de los parámetros estadísticos calculados a partir de las resistencias a compresión del concreto premezclado.

Medida estadística	Valor calculado
N° de muestreos	30
Promedio	230.9 kg/cm ²
Desviación estándar	12.4 kg/cm ²
Coefficiente de variación	5.4 %
Máximo	259.0 kg/cm ²
Mínimo	210.8 kg/cm ²
Amplitud	48 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Según el cuadro N°26, se puede decir que el concreto premezclado producido por "DINO" es de buena calidad, pues la dispersión de la resistencia es baja (evaluada según la desviación estándar), lo que indica que la producción del concreto es muy buena, y la variabilidad según el grado de control del coeficiente de variación es aceptable, y además el promedio de los resultados está por encima de la resistencia evaluada ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$), por lo que existe la certeza de que el producto que llega a obra es satisfactorio en cuanto a resistencia.

4.2.4.4 PRUEBA DE NORMALIDAD DE RESULTADOS DE RESISTENCIA

Para comprobar detalladamente la resistencia del concreto premezclado se realizó la prueba de normalidad como se muestra en la siguiente figura N°7 y en

la figura N°8 se observan gráficamente los datos y su ajuste de normalidad, con la cual posteriormente se podrán analizar probabilidades.

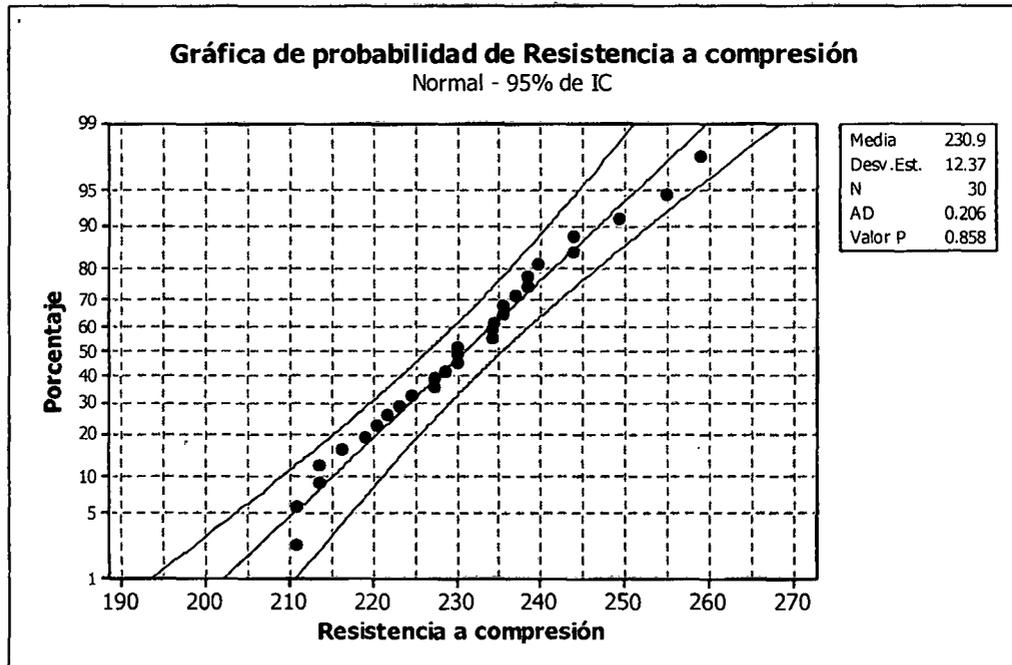


Figura N°08. Gráfica de prueba de normalidad de la resistencia a compresión de especímenes de concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia.

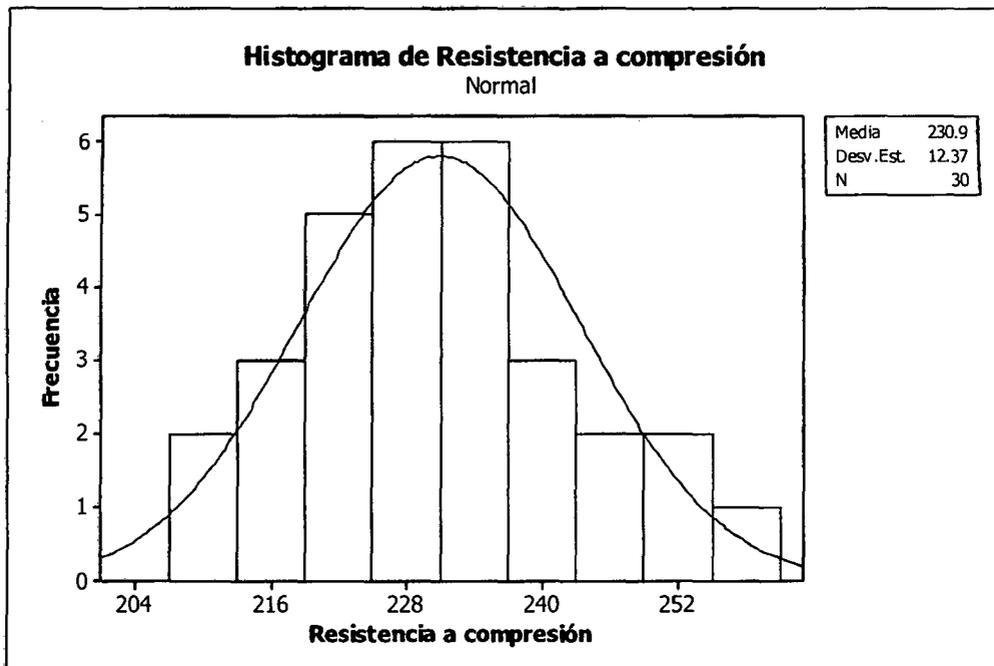


Figura N°09. Histograma de resistencia a compresión de especímenes de concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia.

4.2.4.5 ANÁLISIS DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Habiendo calculado los parámetros estadísticos más importantes y además conociendo el $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, realizo el análisis de la probabilidad de ocurrencia, comprobando el factor t a partir de la ecuación N°5.

$$t = \frac{230.9 - 210}{12.4}$$
$$t = 1.686$$

Con el valor de t obtenido y de acuerdo con la tabla N° 6 encontramos una probabilidad de 1 en 20 (5%) de obtener probetas por debajo del $f'c$, para el concreto que produce "DINO".

También se verificó gráficamente; tal como se muestra en la figura N°09, la probabilidad de que los valores estén por debajo de la resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es de 4.56%, es decir de 1 en 20. Según la recomendación del ACI 318, debería ser 1 en 100.

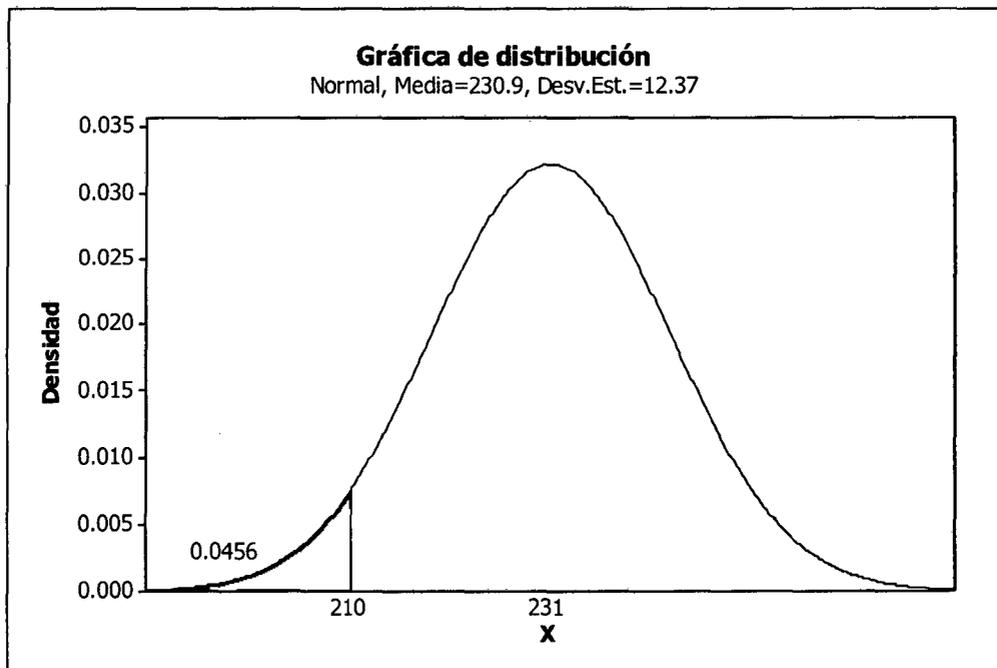


Figura N°10. Gráfica de la probabilidad de ocurrencia por debajo de la resistencia evaluada a partir de la distribución normal.

Fuente: elaboración propia.

4.2.4.5.1 GRÁFICOS DE CONTROL

Con la finalidad de poder interpretar mejor y relacionar los valores de resistencia lograda por el concreto premezclado llegado a obra, se presenta las figuras N°11 y N°12, en la cuales se pueden apreciar que en la totalidad de los muestreos realizados, los resultados superan los 210 kg/cm², con lo que se puede afirmar que el concreto premezclado satisface los requerimientos del cliente en cuanto a resistencia, ya sea construcciones en donde se realice o no el control de calidad en campo por parte del cliente.

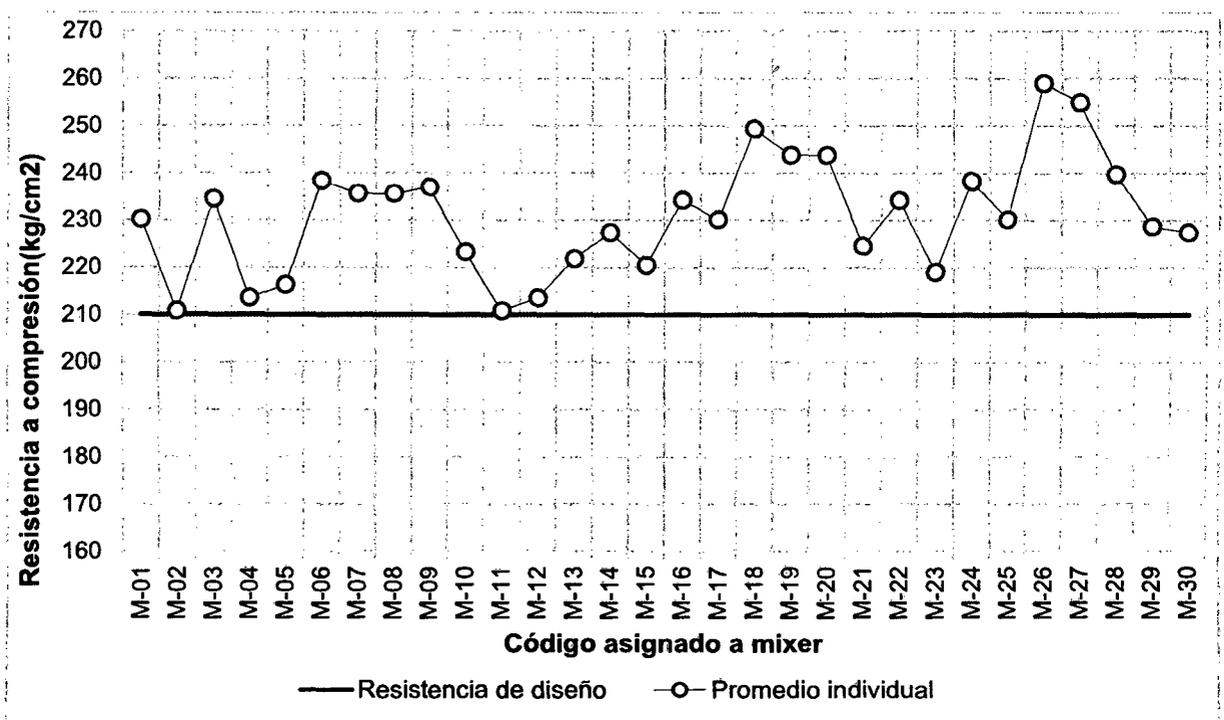


Figura N°11. Resistencias promedio individuales logradas por el concreto premezclado, respecto de la resistencia evaluada (resistencia de diseño).

Fuente: elaboración propia.

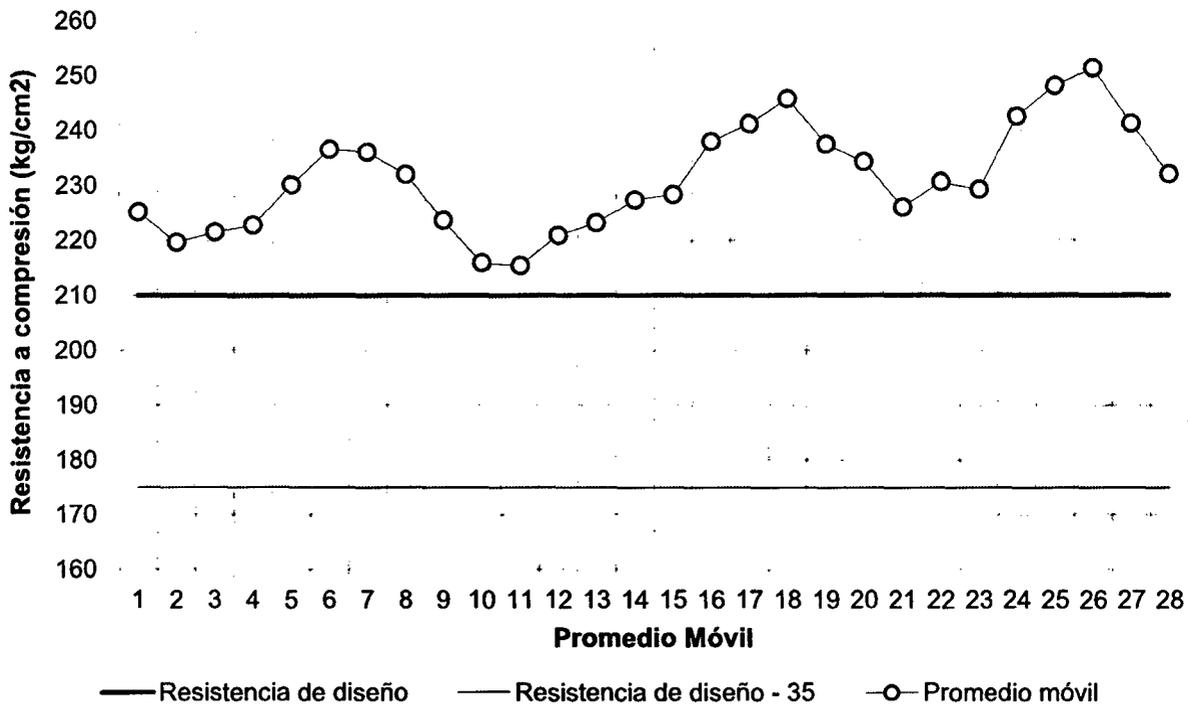


Figura N°12. Resistencias promedio móviles logradas por el concreto premezclado, respecto de la resistencia evaluada (resistencia de diseño).

Fuente: elaboración propia.

4.2.4.6 MÓDULO DE ELASTICIDAD

En el ensayo de resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de concreto, según la NTP 339.034:2008 rev. 2013 (ASTM C39/C39M-05e1), también se logró determinar los módulos de elasticidad que se presentan en la siguiente tabla, en donde se puede observar que están cercanos a los valores teóricos ($E=21700$ para $f'c=210$ kg/cm²) de acuerdo a la resistencia alcanzada por las muestras de concreto premezclado de la planta de premezclado "DINO". Los módulos de elasticidad se presentan en la tabla N°27.

Tabla N°27. Módulo de elasticidad del concreto premezclado.

CÓDIGO MUESTRA	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
	$E = 15000 \cdot (f'c)^{1/2}$	E con la tangente
M-01-1	226060.7	203745.7
M-02-2	216538.0	200530.3
M-03-1	229682.0	214687.7
M-04-1	217824.2	200992.4
M-05-2	220694.7	194188.0
M-06-2	234124.3	223072.5
M-07-2	234345.3	218953.0
M-08-1	231685.4	216426.7
M-09-1	235613.9	219314.2
M-10-2	224693.0	233607.8
M-11-1	219714.6	183643.2
M-12-2	216835.4	199171.7
M-13-2	221353.0	188069.9
M-14-2	229288.2	207696.2
M-15-2	220155.2	209891.3
PROMEDIO	225240.5	207599.4

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 DETERMINACIÓN DEL COSTO DEL CONCRETO PREMEZCLADO

El costo del concreto premezclado varía en el tiempo, pues la planta productora de concreto premezclado cuyo producto ha sido evaluado, se encarga de actualizar sus precios frecuentemente, sin embargo para la presente investigación se trabajó con información de costos vigente en noviembre del 2014 (tabla N°28).

Los datos y las características principales planteados para solicitar concreto premezclado son:

Lugar a proveer : Zona Mollepampa – Cajamarca – Cajamarca
 Tipo de concreto : Normal (Para elementos estructurales)
 Resist. a compresión (f'c) : 210 kg/cm²

Asentamiento nominal : 5"

Tamaño máximo nominal : ½"

Tabla N°28. Costo de la unidad cúbica de concreto premezclado.

Volumen Concreto	Tipo de suministro	
	Bombeado	Directo
1.00 m3	S/. 370.00	S/. 340.00

Fuente: Consulta en área de ventas – DINO.

4.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES

4.3.1 COMPARACIÓN EN FUNCIÓN A LA RESISTENCIA LOGRADA

Comparando los parámetros estadísticos presentados en la tabla N°29, se puede decir que el "concreto hecho al pie de obra" de uso frecuente en el sector Mollepampa – Cajamarca, es desfavorable, pues según su resistencia promedio está por debajo de la resistencia de evaluación $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (logando solamente el 70.4%) e inclusive está por debajo de la resistencia mínima de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) que debe tener el concreto estructural según la norma E.060, por lo que los otro parámetros no entran a discusión. Por el contrario, el concreto premezclado producido por "DINO" en función a su resistencia promedio, es de buena calidad, logrando alcanzar el 109.9 de la resistencia de diseño $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$. Ver figura N°13.

Tabla N°29. Comparación de los parámetros estadísticos calculados a partir de las resistencias a compresión de los dos tipos de concreto evaluados.

Medida estadística	Concreto hecho al pie de obra	Concreto premezclado
N° de muestreos	30	30
Promedio	147.9 kg/cm²	230.9 kg/cm²
Desviación estándar	26.5 kg/cm ²	12.4 kg/cm ²
Coefficiente de variación	17.9 %	5.4 %
Máximo	200.1 kg/cm ²	259.0 kg/cm ²
Mínimo	93.4 kg/cm ²	210.8 kg/cm ²
Amplitud	107 kg/cm ²	48 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

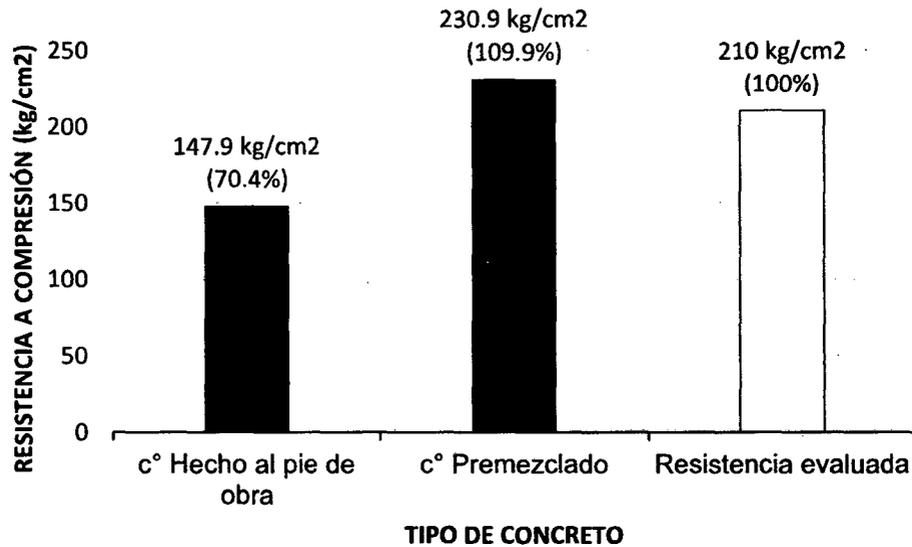


Figura N°13. Comparación de la resistencia promedio lograda con cada tipo de concreto, respecto a la resistencia evaluada.

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura N°13, de acuerdo a la investigación realizada, **teniendo en cuenta la resistencia, el concreto es más recomendable utilizar concreto premezclado que utilizar “concreto hecho al pie de obra”** para construir viviendas en la zona de expansión urbana Mollepampa – Cajamarca. Se refiere al concreto producido por “DINO”, el cual ha sido evaluado.

4.3.2 COMPARACIÓN EN FUNCIÓN A COSTOS

4.3.2.1 CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS

CONSIDERACIÓN “A”

El costo de la unidad cúbica concreto hecho al pie de obra tendría una tendencia a incrementarse a medida de que el volumen de vaciado aumenta, esto debido a que el rendimiento de la cuadrilla considerada en el análisis inicial disminuye por factores inevitables como el cansancio de los trabajadores, por lo tanto al disminuir el rendimiento o tratar de incrementar el número de obreros para

compensar, el costo de la unidad cubica de concreto se vería afectado (*con fin de análisis, se considerando disminución de rendimiento en 1m³/día*).

CONSIDERACIÓN “B”

El costo de la unidad cúbica de concreto premezclado tiene una tendencia a disminuir a medida de que el volumen de vaciado incrementa, esto debido a políticas de venta de la empresa productora de concreto, la misma que ofrece descuentos sobre el costo de la unidad cubica inicial a medida que el volumen solicitado aumenta (*Para el análisis, se consideró un descuento de S/. 10.00 por m³ cuando el volumen es 10 m³*).

4.3.2.2 COSTOS PARA UN VOLUMEN DE VACIADO DE 10 m³ DE CONCRETO

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores “A” y “B”, además conociendo el costo estimado de 1 m³ de “concreto hecho al pie de obra” y del concreto premezclado con un análisis inicial, se realizó el análisis de costos incluyendo las consideraciones indicadas anteriormente, determinándose los costos del concreto cuando el volumen de vaciado sea igual 10 m³, los resultados se muestran en la tabla N°30.

Tabla N°30. Costos de concreto premezclado y concreto hecho al pie de obra para 10 m³ de vaciado.

Volumen de vaciado (m ³)	concreto hecho al pie de obra		Concreto premezclado	Observación
	Columnas	Losa aligerada		
1.00	S/. 261.28	S/. 243.91	S/. 370.00	Solamente con análisis inicial.
10.00	S/. 2,612.79	S/. 2,439.09	S/. 3,700.00	
1.00	S/. 266.43	S/. 245.96	S/. 360.00 *	Con análisis inicial incluyendo consideraciones A y B
10.00	S/. 2,664.29	S/. 2,459.58	S/. 3,600.00	
Variación para 10 m³	S/. +51.50	S/. +20.49	S/. -100.00	

* Considerando un descuento hasta S/. 10.00 por m³ cuando el volumen es 10 m³.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N°30, teniendo en cuenta el costo unitario del “concreto hecho al pie de obra” respecto al costo unitario del concreto premezclado teniendo en cuenta solamente el análisis inicial, se puede decir que el concreto premezclado es de 24 % a 30 % aproximadamente más costoso que el concreto hecho al pie de obra. Tal como se aprecia en la representación de la figura N°14.

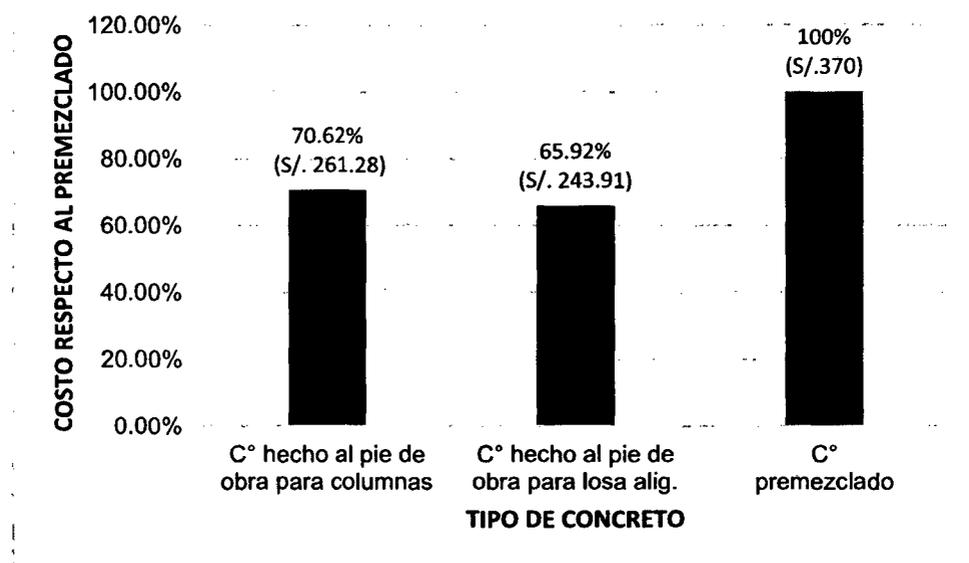


Figura N°14. Comparación del costo del concreto hecho al pie de obra respecto al costo del concreto premezclado.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N°30, se presentan las figuras N°15 y N°16 para una mejor comprensión de los resultados; además, según los precios calculados y mostrados en dicha tabla, para un volumen de vaciado de 10 m³ de concreto, se puede observar que si bien es cierto existe una variación en el costo del concreto calculado con análisis inicial y el costo calculado incluyendo las consideraciones “A” y “B” anteriormente indicadas, estas variaciones de s/.51.50, s/.20.49 y -s/.100 para 10 m³ de vaciado, no son considerable como para equilibrar la diferencia significativa que existe (de 24% a 30%) entre el costo del “concreto hecho al pie de obra” y el costo del concreto premezclado y esta diferencia de costos se va a disminuir significativamente cuando los volúmenes de vaciado sean mayores a 10 m³, debido a que el costo del “concreto hecho al pie de obra” es mucho más bajo de lo esperado, principalmente por el bajo contenido de

cemento utilizado y el bajo costo de los agregados de la “Cantera el Gavilán”; Por lo tanto, **teniendo en cuenta el costo usar concreto premezclado es más desventajoso que utilizar concreto hecho al pie de obra, cuando el volumen de vaciado es 10 m³.**

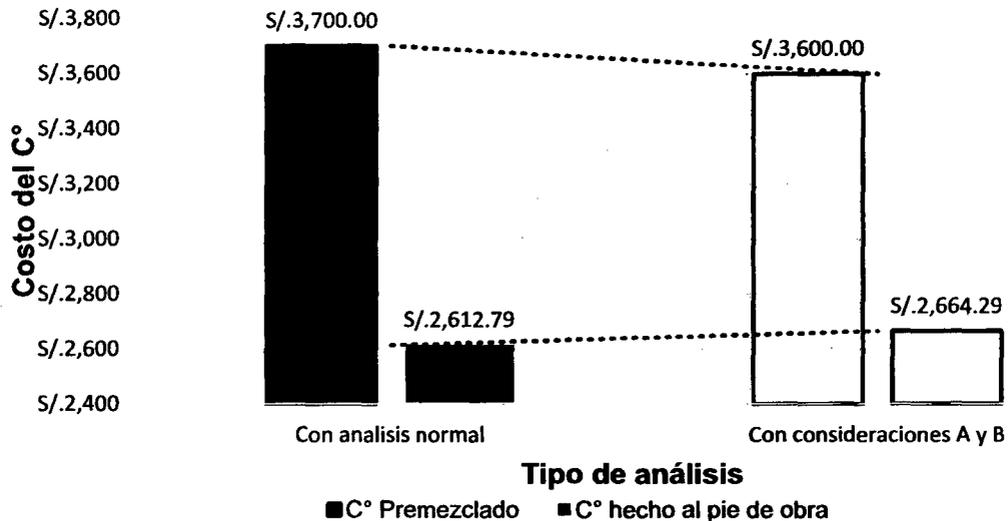


Figura N°15. Comparación entre el costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra para 10 m³ de vaciado en columnas.

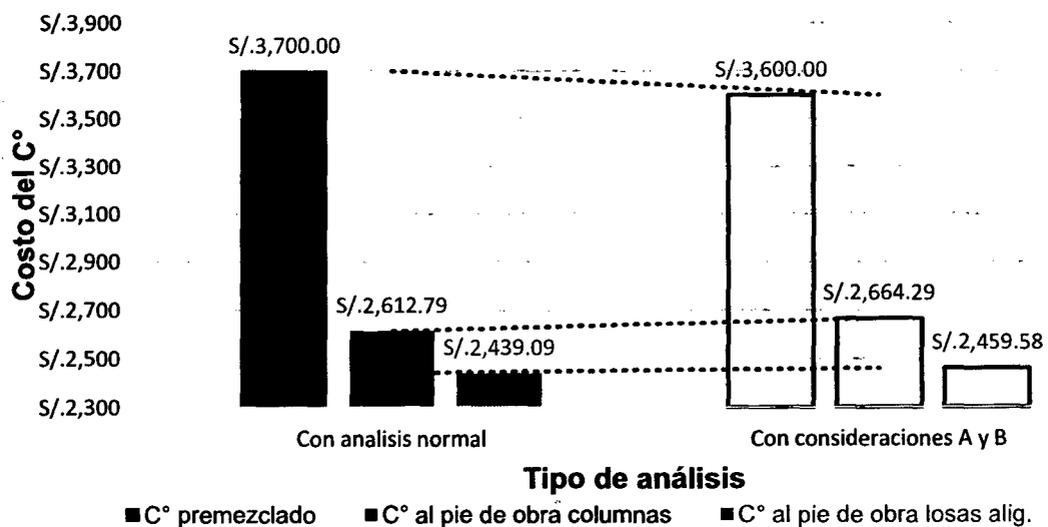


Figura N°16. Comparación entre el costo del concreto premezclado y costo del concreto hecho al pie de obra para 10 m³ de vaciado según elemento estructural.

* VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y ANÁLISIS ADICIONALES

Sobre la hipótesis. De acuerdo a la comparación y análisis de resultados anteriores, se concluye que la hipótesis planteada es nula.

Análisis adicional N°1. La lógica indica que teniendo en cuenta las consideraciones “A” y “B” mencionadas para el análisis de costos, en alguna oportunidad producirá que el uso del concreto premezclado resulte más favorable que el uso del “concreto hecho al pie de obra” a medida que el volumen de vaciado incrementa; sin embargo, para poder determinar este volumen se comprobó que se tienen que involucrar otros factores, como el estudio detallado de rendimientos reales de mano de obra y otros como número de piso de la edificación, etc. requiriendo de una investigación diferente.

Análisis adicional N°2. Teniendo en cuenta que el volumen de vaciado frecuente de concreto premezclado según la tabla N°23 es entre 7 y 8 m³ (capacidad de los camiones mezcladores “Mixer”), sería prudente recomendar el uso del concreto premezclado a partir de 5 m³ de vaciado por resistencia y uniformidad; de tal manera que el que también sea rentable para la empresa productora de concreto, o la otra opción es utilizar “concreto hecho al pie de obra”, asesorado por un profesional (Ingeniero).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✎ Utilizar concreto premezclado es más favorable en cuanto a resistencia, que utilizar concreto hecho al pie de obra, pues siendo la resistencia de evaluación 210 kg/cm²; el primero en promedio alcanzó un $f'c = 230.9$ kg/cm², representando un 110% de la resistencia evaluada; mientras que el segundo solamente logró alcanzar en promedio un $f'c = 147.9$ kg/cm², representando el 70.4% de la resistencia de comparación.
- ✎ El concreto premezclado es un 24% a 30% más costoso que el concreto hecho al pie de obra promedio, esto se debe a que el concreto hecho al pie de obra se elabora con materiales de bajo costo (agregados de cerro), los mismos que son de mala calidad; por lo que se puede decir que esta diferencia de costos al ser considerable (más de lo esperado), se va a mantener si el volumen de vaciado se incrementa, sin embargo al utilizar concreto premezclado se puede minimizar tiempos en la construcción, lo cual se puede convertir en ahorro y desde luego una ventaja económica y técnica.
- ✎ Se analizó y determinó que para el volumen de vaciado planteado de 10 m³, es más favorable utilizar concreto premezclado, que utilizar concreto hecho al pie de obra solamente por resistencia, mas no resulta rentable por el costo, no se realizó análisis de costos para volúmenes superiores por las razones indicadas en la conclusión anterior. Sin embargo, a partir de la investigación sería prudente recomendar el uso de concreto premezclado a partir de 5 m³ de vaciado por resistencia y uniformidad.
- ✎ El concreto hecho al pie de obra es de baja resistencia debido a que es elaborado sin asesoramiento profesional, en las construcciones evaluadas los únicos encargados son “maestros de obra”, los mismos que minimizan la importancia que tiene el concreto.

- ✎ Se determinó que uno de los principales problemas del concreto hecho al pie de obra son los agregados, pues no existe en obra un control alguno sobre su calidad. Es frecuente el uso de agregados de mala calidad, determinándose que el caso más desfavorable es cuando se usa agregado global de cerro, el cual además no es recomendado usarlo en concretos para elementos estructurales según las norma E.060.
- ✎ Se observó que en cada uno de los muestreos realizados del concreto hecho al pie de obra, no se controló la cantidad de agua de mezclado, siempre fue excesiva y los responsables de las construcciones (“Maestros de obra”) desconocen la importancia de uno de los parámetros más importantes que rigen la resistencia del concreto (la relación a/c).
- ✎ El 70 % de mezclas de concreto hecho al pie de obra evaluado fueron fluidas (asentamientos mayores a 15 cm), eso indica que son excesivamente trabajables, optándose por esta condición para facilitar el acomodo en el encofrado dejando en segundo plano la resistencia que logrará concreto.
- ✎ Se determinó que en la zona Mollepampa Cajamarca el concreto hecho al pie de obra más resistente ($f'c=201 \text{ kg/cm}^2$) tenía una dosificación volumétrica en de 1:4:4 (cemento: arena: piedra chancada), un asentamiento de 11.0 cm y fue preparado con mezcladora. Opuestamente el concreto más deficiente (93.4 kg/cm^2) presentó una dosificación volumétrica de 1:9 (cemento: agregado global de cerro), un asentamiento de 17.0 cm y fue elaborado de forma manual. Estos dos casos son evidencia clara de que si se tiene una adecuada dosificación y un asentamiento aceptable, se pueden obtener buenos resultados. Todas las resistencias fueron evaluadas a la edad de 28 días. Las dosificaciones son en “latas” de 0.018 m^3 por bolsa de cemento.
- ✎ Se calculó que el costo promedio de un concreto hecho al pie de obra de dosificación (arena y piedra) y resistencia aceptable, cuesta S/.251.45 (para columnas) y S/.235.41 (para losa aligerada) por m^3 aproximadamente. El costo incluye elaboración y colocación (no incluye el acomodo final). El costo fue

estimado con precios de materiales equipo y mano de obra vigentes en noviembre del 2014.

- ✎ Se investigó que el concreto premezclado (producido por DINO) es elaborado con agregados triturados y que la materia prima procede de cantera de río (Rumicucho – Llacanora – Cajamarca). La procedencia del material es variable, se extraen por temporadas.
- ✎ Se comprobó que el concreto premezclado muestreado, cuando está en estado fresco es de calidad aceptable, pues no se observó efectos de segregación y los asentamientos medidos estaban dentro del rango de diseño 4" a 6".
- ✎ Se obtuvo para el concreto premezclado el valor más alto $f'c=259.0 \text{ kg/cm}^2$ y el valor mínimo $f'c=210.8 \text{ kg/cm}^2$, resultados de resistencia satisfactorios para el cliente. En general las resistencias logradas por los especímenes ensayados dieron resultados satisfactorios, esto debido a la dosificación controlada en planta y precisamente a la dosificación en peso.
- ✎ Se investigó a través del área de ventas de "DINO" que el precio del m^3 de concreto premezclado actualizado a Noviembre del 2014 es S/. 370 puesto en obra incluido sistema de bombeo. Este precio varía de acuerdo al tipo de concreto solicitado.
- ✎ Los resultados de resistencia del "concreto hecho al pie de obra" particularmente, no significa que sea el mismo en toda la estructura, debido a que este tipo de concreto está sujeto a variabilidad, ya que elaborado informalmente y no es homogéneo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la evaluación de la calidad del concreto premezclado considerando también: El contenido de aire, temperatura y peso unitario, pues en la presente investigación solamente se evaluó por asentamiento y resistencia a la compresión.

- Se recomienda hacer estudios utilizando agregados de distintas canteras, considerando la posibilidad de analizar la combinación de arena de cerro de la “Cantera el gavilán” y piedra chancada de “Canteras del Rio Chonta”, con la finalidad de determinar el proporcionamiento más adecuado que permita lograr un concreto con resistencia aceptable; debido a que esta combinación es frecuente en construcciones de la zona de expansión Mollepampa.

- Se recomienda a las entidades e instituciones como INDECI, Universidad y CIP; incentivar investigaciones de esta naturaleza, que permitan evaluar detalladamente la calidad del concreto e informalidad en la construcción de edificaciones en todas las zonas de expansión de la ciudad de Cajamarca (incluyendo Mollepampa), con la finalidad de plantear y aplicar otras medidas correctivas que contribuyan a evitar desastres lamentables en el futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Abanto Castillo, Flavio. Tecnología del concreto, Editorial san marcos EIRL. Lima - Perú.
2. Aragón M, S. 2005. Calidad del Concreto. Costa Rica, Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. 11 p. (Informe técnico sobre la calidad del concreto, no. 1).
3. Carrillo S, M. 2003. Estudio comparativo entre tecnologías de producción de concreto: Mixer y Dispensador. Tesis Ing Civil. Piura, UDEP. 114 p.
4. De la Sotta, JP. 2010. Análisis comparativo entre mortero de junta para albañilería fabricado en obra y mortero premezclado húmedo para albañilería. Tesis Ing. Const. Valdivia, Chl, UAC. 66 p.
5. Irungaray, SA. 2007. Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el Departamento de Guatemala, según la norma ASTM C-94. Tesis Ing Civil. Guatemala, USCG. 149 p.
6. Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. 2009. Norma E.060, Concreto Armado. Lima – Perú.
7. Lezama, J. 1996. Tecnología del Concreto. UNC, Facultad de Ingeniería. Cajamarca – Perú.
8. Normas Técnicas Peruanas para hormigón (concreto) y agregados.
9. Osorio, JD. 2003. Manual de control de calidad del concreto en la obra. Bogotá, COL, ASOCRETO. 46 p. (Reimpresión 2004).

10. Pasquel C, E. 1998. Tópicos del concreto en el Perú. Lima, PER, Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional. 284 p. (Primera versión electrónica 1999).
11. Reglamento para concreto estructural del ACI 318.
12. Rivva L. 2000. Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima, PER, ACI Capítulo Peruano del American Concrete Institute. (Primera Edición).

ANEXOS

A. TABLAS INFORMATIVAS PARA EVALUAR RESULTADOS

Tabla N°31. Husos granulométricos para el agregado global.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS		
	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		
	27.5 mm (1 1/2")	19.0 mm (3/4")	9.5 mm (3/8")
50 mm (2")	100		
37.5 mm (1 1/2")	95-100	100	
19.0 mm (3/4")	45-80	95-100	
12.5 mm (1/2")			100
9.5 mm (3/8")			95-100
4.75 mm (N°4)	25-50	35-55	30-65
2.36 mm (N°8)			20-50
1.18 mm (N°16)			15-40
600 µm (N°30)	8-30	10-35	10-30
300 µm (N°50)			5-15
150 µm (N°100)	0-8*	0-8*	0-8*

* Incrementar 10 % para finos de rocas trituradas

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 – ASTM C-33 – Anexo A.

Tabla N°32. Husos granulométricos para el agregado grueso.

HUSO	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
1	3 1/2" - 1 1/2"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 15					
2	2 1/2" - 1 1/2"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
3	2" - 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 30				
357	2" - N°4				100	95 - 100		35 - 70		0 - 30		0 - 5		
4	1 1/2" - 3/4"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 5		0 - 5			
467	1 1/2" - N°4					100	95 - 100		35 - 70		10-30	0 - 5		
5	1" - 1/2"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
56	1" - 3/8"						100	90 - 100	40 - 85	10-40	0 - 15	0 - 5		
57	1" - N°4						100	95 - 100		25 - 60		0 - 10	0 - 5	
6	3/4" - 3/8"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
67	3/4" - N°4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5	
7	1/2" - N°4								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
8	3/8" - N°8									100	85 - 100	10-30	0 - 10	0 - 5
89	3/8" - N°16									100	90 - 100	20 - 35	530	0 - 10
9	N°4 - N°16										100	85 - 100	10-40	0 - 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 – ASTM C-33.

Tabla N°33. Tipo de gradación según peso retenido para determinar el número de esferas.

Tamaño de tamices		Peso de los tamaños indicados (gr)			
Pasa	Retenidos	A	B	C	D
38.1 mm	25.4. mm (1")	1250±25	-	-	-
25.4. mm (1")	19.0 mm (3/4")	1250±25	-	-	-
19.0 mm (3/4")	12.7 mm (1/2")	1250±10	2500±10	-	-
12.7 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250±10	2500±10	-	-
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	-	-	2500±10	-
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)	-	-	2500±10	-
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	-	-	-	5000±10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.019 - ASTM C-131.

Tabla N°34. Número de esferas según tipo de gradación de material.

Gradación	Número de esferas	Masa de las esferas (gr)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±25
D	6	2500±15

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.019 - ASTM C-131.

B. ALGUNAS PROPIEDADES DE AGREGADO GLOBAL DE CERRO

a. Análisis granulométrico de agregado global

Ensayo n°01

Norma:	NTP 400.012:13 (ASTM C-136)		
Muestra de:	"Cantera El Gavilán" - Cajamarca		
Total peso seco inicial:	5000 gr	(Antes del ensayo)	
Total peso seco final:	4976 gr	(Después del ensayo)	
Error:	0.49%	<1% Aceptable	
Peso bajo malla N° 4:	2365 gr	: A. Fino =	47.52%
Peso sobre malla N° 4:	2611 gr	: A. Grueso =	52.48%

Tabla N°35. Resultados del análisis granulométrico del agregado global utilizado en el concreto hecho al pie de obra – Ensayo N°1.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Seco (gr)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% que pasa
1 1/2"	37.5	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	288.6	5.8	5.8	94.2
1/2"	12.5	742.9	14.9	20.7	79.3
3/8"	9.5	510	10.2	31.0	69.0
N° 4	4.75	1069.5	21.5	52.5	47.5
N° 8	2.36	574.8	11.6	64.0	36.0
N°16	1.18	346.6	7.0	71.0	29.0
N°30	0.6	195.9	3.9	74.9	25.1
N° 50	0.3	246.9	5.0	79.9	20.1
N° 100	0.15	544.5	10.9	90.8	9.2
Cazoleta	-	456	9.2	100.0	0.0
Total		4975.7			

Curva de distribución granulométrica n°01 (vista en cap. anterior)

Ensayo n°02

Norma:	NTP 400.012:13	(ASTM C-136)
Muestra de:	"Cantera El Gavilán" - Cajamarca	
Total peso seco inicial:	5000 gr	(Antes del ensayo)
Total peso seco final:	4998 gr	(Después del ensayo)
Error:	0.05%	<1% Aceptable
Peso bajo malla N° 4:	2304 gr	: A. Fino = 46.10%
Peso sobre malla N° 4:	2694 gr	: A. Grueso = 53.90%

Tabla N°36. Resultados del análisis granulométrico del agregado global utilizado en el concreto hecho al pie de obra – Ensayo N°2.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Seco (gr)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% que pasa
1 1/2"	37.5	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	336.1	6.7	6.7	93.3
1/2"	12.5	738.9	14.8	21.5	78.5
3/8"	9.5	552.3	11.1	32.6	67.4
N° 4	4.75	1066.5	21.3	53.9	46.1
N° 8	2.36	629.8	12.6	66.5	33.5
N°16	1.18	291.6	5.8	72.3	27.7
N°30	0.6	198.9	4.0	76.3	23.7
N° 50	0.3	204.6	4.1	80.4	19.6
N° 100	0.15	570.5	11.4	91.8	8.2
Cazoleta	-	408.5	8.2	100.0	0.0
Total		4997.7			

Curva de distribución granulométrica n°02

La curva de distribución granulométrica del agregado global – ensayo N°02 se presenta en la siguiente figura N°11, en donde se compara con el huso granulométrico de tamaño máximo nominal 3/4" para el agregado global mostrado en la tabla N°31.

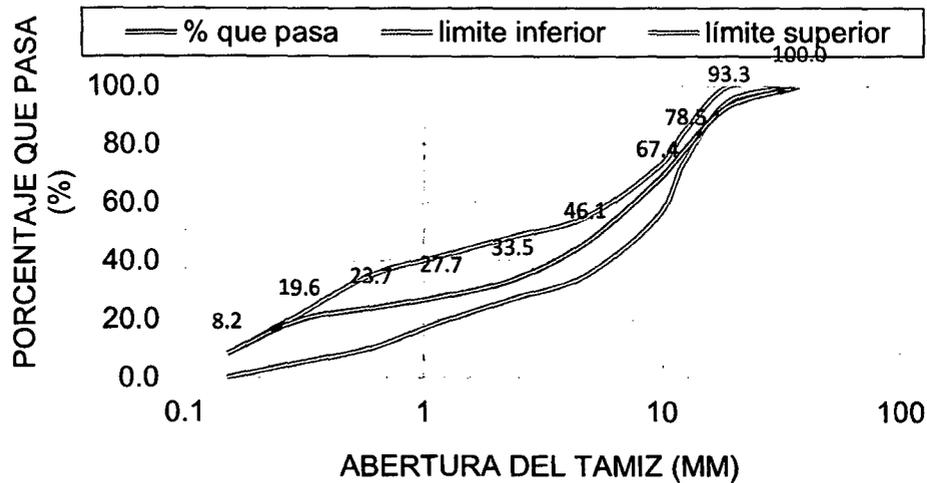


Figura N°17. Curva granulométrica N°2 del agregado global de cerro de "Cantera el Gavilán" respecto a los límites establecidos en la NTP 400.037 – Anexo A.

Ensayo n°03

Norma: NTP 400.012:13 (ASTM C-136)
 Muestra de: "Cantera El Gavilán" - Cajamarca
 Total peso seco inicial: 5000 gr (Antes del ensayo)
 Total peso seco final: 4993 gr (Después del ensayo)
 Error: 0.15% <1% Aceptable
 Peso bajo malla N° 4: 2268 gr : A. Fino = 45.43%
 Peso sobre malla N° 4: 2725 gr : A. Grueso = 54.57%

Tabla N°37. Resultados del análisis granulométrico del agregado global utilizado en el concreto hecho al pie de obra – Ensayo N°3.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Seco (gr)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% que pasa
1 1/2"	37.5	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	343.1	6.9	6.9	93.1
1/2"	12.5	731.6	14.7	21.5	78.5
3/8"	9.5	586	11.7	33.3	66.7
N° 4	4.75	1063.9	21.3	54.6	45.4
N° 8	2.36	642.8	12.9	67.4	32.6
N°16	1.18	278.6	5.6	73.0	27.0
N°30	0.6	201.5	4.0	77.1	22.9
N° 50	0.3	200.9	4.0	81.1	18.9
N° 100	0.15	555.8	11.1	92.2	7.8
Cazoleta	-	388.5	7.8	100.0	0.0
Total		4992.7			

Curva de distribución granulométrica n°03

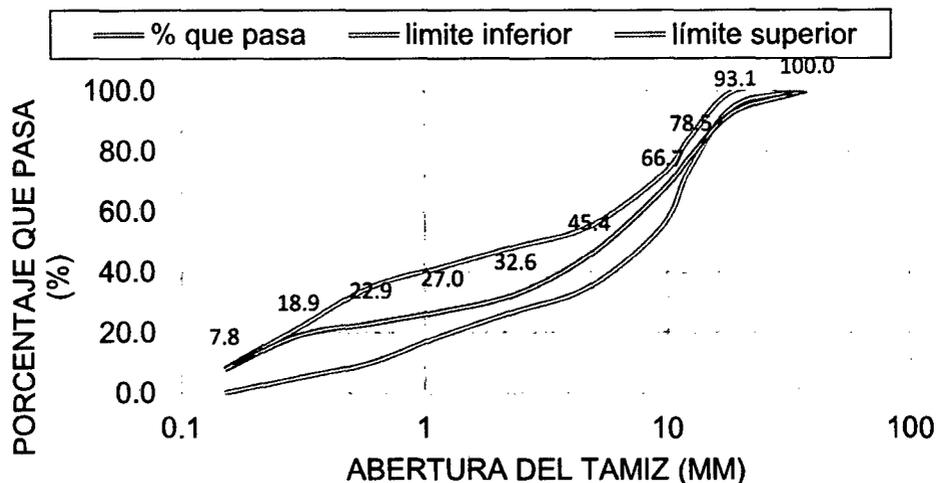


Figura N°18. Curva granulométrica N°3 del agregado global de cerro de “Cantera el Gavilán” respecto a los límites establecidos en la NTP 400.037 – Anexo A.

b. Resistencia a la abrasión agregado global

Se determinó la resistencia a la abrasión del agregado global, de mayor uso en el concreto hecho a pie de obra, procedente de la “Cantera el Gavilán - Cajamarca”. Se determinó la cantidad de material Según la norma NTP 400.019, ASTM C-131. Se utilizó la gradación “B” de las tablas N°33 y N°34, para la muestra y número de esferas.

Tabla N°38. Resistencia a la abrasión de agregado de la “Cantera el Gavilán – Cajamarca”.

ENSAYO N°	1	2	3
Peso seco original W_o (gr)	5000	5000	5000
Peso final W_f (gr)	1840.9	1871.3	1865.5
Resist. a la abrasión (%)	63.18	62.57	62.69
Promedio (%)	62.82		

C. ALGUNAS PROPIEDADES DE AGREGADO FINO DE CERRO

Contenido de humedad (NTP 339.185 - 2013)

Tabla N°39. Contenido de humedad muestra arena de cerro "Cantera el Gavilán
– Cajamarca".

ENSAYO N°	1	2	3
Peso Tara	174.1	172.2	169.7
Peso tara + Mh	1716.5	1701.2	1627.5
Peso tara + Ms	1641.1	1629.4	1553.9
W(%)	5.14%	4.93%	5.32%
W(%) Prom.	5.13%		

Peso unitario seco suelto del agregado fino (NTP 400.017 - 2011)

Tabla N°40. Peso unitario seco suelto de muestra de arena de "Cantera el
Gavilán – Cajamarca".

ENSAYO N°	1	2	3
Hrec (cm)	30.5	30.5	30.5
Drec (cm)	15.3	15.3	15.3
Vol rec(cm ³)	5607.5	5607.5	5607.5
P rec (kg)	8.210	8.210	8.210
Prec + m (kg)	17.67	17.68	17.72
Ws (kg)	9.460	9.470	9.510
Pv (kg/m ³)	1687.01	1688.80	1695.93
Pv (kg/m ³)	1690.58		

Peso unitario seco compactado del agregado fino (NTP 400.017 - 2011)

Tabla N°41. Peso unitario seco compactado de muestra de arena de “Cantera el Gavilán – Cajamarca”.

ENSAYO N°	1	2	3
Hrec (cm)	30.5	30.5	30.5
Drec (cm)	15.3	15.3	15.3
Vol rec(cm ³)	5607.5	5607.5	5607.5
P rec (kg)	8.210	8.210	8.210
Prec + m (kg)	18.96	18.92	18.86
Ws (kg)	10.750	10.710	10.650
Pv (kg/m ³)	1917.06	1909.93	1899.23
Pv (kg/m³)	1908.74		

Pesos específicos y absorción del agregado fino (NTP 400.022 - 2013)

Tabla N°42. Pesos específicos y absorción de muestra de arena de “Cantera el Gavilán – Cajamarca”.

ENSAYO N°	1	2	3	PROM.
Wo = Peso seco de la muestra (gr)	488	488.4	488.3	-
V = Volumen del frasco (cm ³)	500	500	500	-
Va = Volumen añadido (cm ³)	315.8	316.2	315.2	-
Peso específico de masa=Wo/(V-Va)	2.65	2.66	2.64	2.65 gr/cm³
Peso esp. De masa saturada con sup. Seca =500/(V-Va)	2.71	2.72	2.71	2.71 gr/cm³
Peso esp. Aparente=Wo/((V-Va)-(500-Wo))	2.83	2.84	2.82	2.83 gr/cm³
% de absorción=(500-Wo)/Wo*100	2.46	2.38	2.40	2.41 gr/cm³

D. ALGUNAS PROPIEDADES DE AGREGADO GRUESO DE RÍO

Contenido de humedad (NTP 339.185-2013)

Tabla N°43. Contenido de humedad de muestra piedra chancada de "Cantera el Rio Chonta – Cajamarca".

ENSAYO N°	1	2	3
Peso Tara (gr)	256.4	235.7	232.3
Peso tara + Mh (gr)	2836.3	4935.4	5320.2
Peso tara + Ms (gr)	2791.5	4872.9	5239.1
W(%)	1.77%	1.35%	1.62%
W(%) Prom.	1.58%		

Peso unitario seco suelto del agregado grueso (NTP 400.017 - 2011)

Tabla N°44. Peso unitario seco suelto de muestra de piedra chancada de "Cantera del rio Chonta – Cajamarca".

ENSAYO N°	1	2	3
Hrec (cm)	30.5	30.5	30.5
Drec (cm)	15.3	15.3	15.3
Vol rec(cm3)	5607.5	5607.5	5607.5
Prec (kg)	8.210	8.210	8.210
Prec + m (kg)	16.63	16.6	16.56
Ws (kg)	8.420	8.390	8.350
Pv (kg/m3)	1501.55	1496.20	1489.07
Pv (kg/m3)	1495.60		

Peso unitario seco compactado del agregado grueso (NTP 400.017 - 2011)

Tabla N°45. Peso unitario seco compactado de muestra de piedra chancada de "Cantera del río Chonta – Cajamarca".

ENSAYO N°	1	2	3
Hrec (cm)	30.5	30.5	30.5
Drec (cm)	15.3	15.3	15.3
Vol rec(cm3)	5607.5	5607.5	5607.5
Prec (kg)	8.210	8.210	8.210
Prec + m (kg)	17.1	17.15	16.95
Ws (kg)	8.890	8.940	8.740
Pv (kg/m3)	1585.36	1594.28	1558.61
Pv (kg/m3)	1579.42		

Pesos específicos y absorción del agregado grueso (NTP 400.021 - 2013)

Tabla N°46. Pesos específicos y absorción de muestra de piedra chancada de "Cantera del río Chonta – Cajamarca".

ENSAYO N°	1	2	3	PROM.
A=Peso seco de la muestra (gr)	5000	5000	5000	-
B=Peso de la muestra en el aire SSS (gr)	5086.8	5085.7	5087.4	-
C=Peso en el agua de la muestra (gr)	3129.1	3135.1	3134.5	-
Peso esp. de masa=A/(B-C)	2.55	2.56	2.56	2.56 gr/cm3
Psss=B/(B-C)	2.60	2.61	2.61	2.60 gr/cm3
Pea=A/(A-C)	2.67	2.68	2.68	2.68 gr/cm3
Abs(%)=(B-A)/A*100	1.74	1.71	1.75	1.73 gr/cm3

E. DETERMINACIÓN DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

NTP 339.046 - 2008 (rev. 2013)

Con la finalidad de calcular la cantidad de materiales por m³ de concreto y poder estimar el costo promedio del concreto hecho al pie de obra, se determinó el peso unitario del concreto fresco (en sólo un caso), a base del cual se hizo el análisis.

La mezcla evaluada tuvo una dosificación en lastas de aprox. 0.018 m³ por bolsa de cemento de: 1:5:4 / 23 litros; y el peso unitario del concreto fresco se presenta en la tabla N°47.

Tabla N°47. Cálculo del peso unitario de concreto hecho al pie de obra.

N°	Vol. Molde (m ³)	Peso Molde (gr)	Peso Molde +C° (gr)	Peso C° (Kg)	Peso U. C° (Kg/m ³)
1	0.00556	8250	21295	13.05	2346.22
2	0.00556	8250	21280	13.03	2343.53
3	0.00556	8250	21290	13.04	2345.32
				Promedio: 2345.02 kg/m³	

F. GRÁFICOS DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

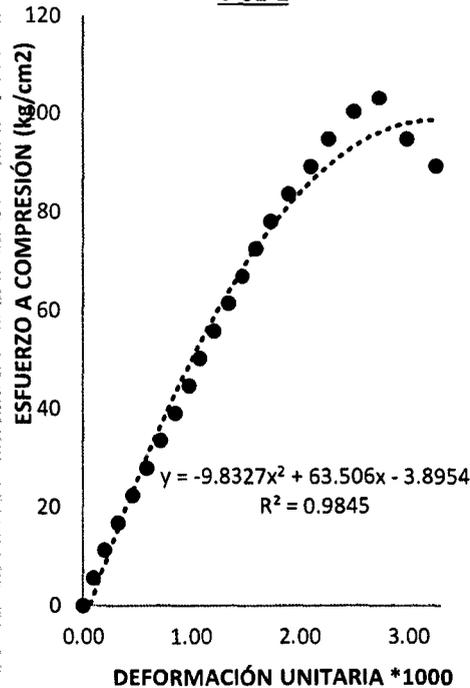
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-01-1 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 304.50 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.03	0.10	5.58	6.16
2.00	0.06	0.20	11.17	12.13
3.00	0.10	0.33	16.75	19.80
4.00	0.14	0.46	22.34	27.12
5.00	0.18	0.59	27.92	34.10
6.00	0.22	0.72	33.50	40.75
7.00	0.26	0.85	39.09	47.06
8.00	0.30	0.99	44.67	53.02
9.00	0.33	1.08	50.26	57.28
10.00	0.37	1.22	55.84	62.65
11.00	0.41	1.35	61.43	67.68
12.00	0.45	1.48	67.01	72.38
13.00	0.49	1.61	72.59	76.73
14.00	0.53	1.74	78.18	80.75
15.00	0.58	1.90	83.76	85.29
16.00	0.64	2.10	89.35	90.04
17.00	0.69	2.27	94.93	93.42
18.00	0.76	2.50	100.51	97.25
18.50	0.83	2.73	103.31	100.05
17.00	0.91	2.99	94.93	101.97
16.00	0.99	3.25	89.35	102.54

Ec. Esf. $Y = -9.8327X^2 + 63.506X$
 Coef. de correlación (i) 0.9845
 Def. de rotura unitaria*1000 2.73
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 100.05
 Mód. elast. (kg/cm2) 150035.7
 M. elast. Gráf.(kg/cm2) 137848.4

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-01-1



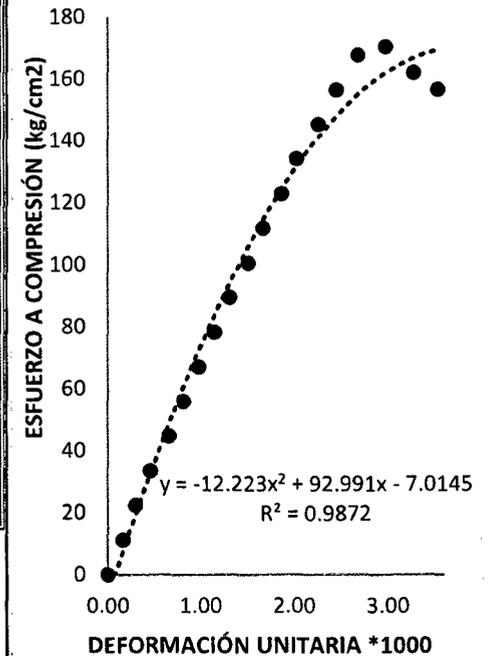
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-03-1 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 305.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	11.17	14.92
4.00	0.09	0.30	22.34	26.38
6.00	0.14	0.46	33.50	40.11
8.00	0.20	0.66	44.67	55.72
10.00	0.25	0.82	55.84	68.01
12.00	0.30	0.98	67.01	79.64
14.00	0.35	1.15	78.18	90.62
16.00	0.40	1.31	89.35	100.93
18.00	0.46	1.51	100.51	112.45
20.00	0.51	1.67	111.68	121.32
22.00	0.57	1.87	122.85	131.10
24.00	0.62	2.03	134.02	138.52
26.00	0.69	2.26	145.19	147.82
28.00	0.75	2.46	156.36	154.76
30.00	0.82	2.69	167.52	161.66
30.50	0.91	2.98	170.32	168.64
29.00	1.00	3.28	161.94	173.49
28.00	1.08	3.54	156.36	176.02

Ec. Esf. $Y = -12.223X^2 + 92.991X$
 Coef. de correlación (i) 0.9872
 Def. de rotura unitaria*1000 2.98
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 168.64
 Módulo elast. (kg/cm2) 194792.5
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 171451.2

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-03-1



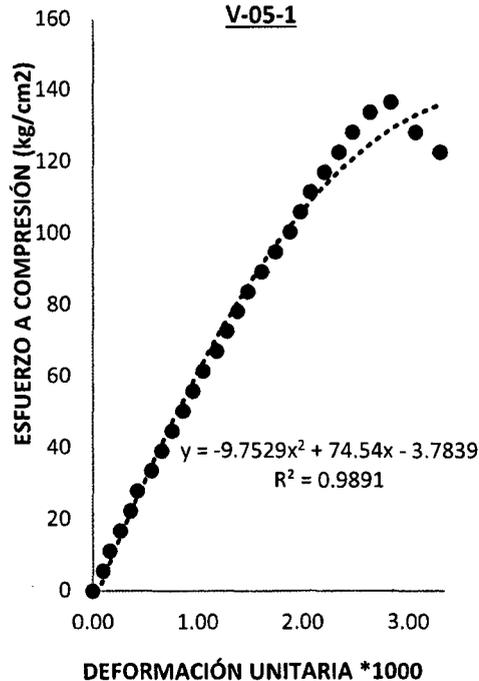
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-05-1 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 303.00 mm

Ec. Esf. $Y=-9.7529X^2+74.54X$
 Coef. de correlación (i) 0.9891
 Def. de rotura unitaria*1000 2.84
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 133.00
 Módulo elast. (kg/cm2) 172987.0
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 158654.8

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.03	0.10	5.58	7.28
2.00	0.05	0.17	11.17	12.03
3.00	0.08	0.26	16.75	19.00
4.00	0.11	0.36	22.34	25.78
5.00	0.13	0.43	27.92	30.19
6.00	0.17	0.56	33.50	38.75
7.00	0.20	0.66	39.09	44.95
8.00	0.23	0.76	44.67	50.96
9.00	0.26	0.86	50.26	56.78
10.00	0.29	0.96	55.84	62.41
11.00	0.32	1.06	61.43	67.84
12.00	0.36	1.19	67.01	74.79
13.00	0.39	1.29	72.59	79.78
14.00	0.42	1.39	78.18	84.58
15.00	0.45	1.49	83.76	89.19
16.00	0.49	1.62	89.35	95.04
17.00	0.53	1.75	94.93	100.54
18.00	0.57	1.88	100.51	105.71
19.00	0.60	1.98	106.10	109.36
20.00	0.63	2.08	111.68	112.82
21.00	0.67	2.21	117.27	117.14
22.00	0.71	2.34	122.85	121.11
23.00	0.75	2.48	128.44	124.75
24.00	0.80	2.64	134.02	128.82
24.50	0.86	2.84	136.81	133.00
23.00	0.93	3.07	128.44	136.91
22.00	1.00	3.30	122.85	139.78

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-05-1



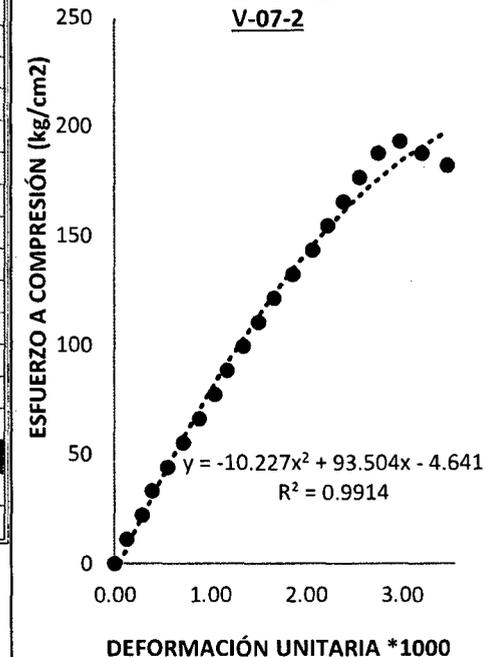
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-07-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 304.50 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.04	0.13	11.02	12.11
4.00	0.09	0.30	22.04	26.74
6.00	0.12	0.39	33.07	35.26
8.00	0.17	0.56	44.09	49.01
10.00	0.22	0.72	55.11	62.22
12.00	0.27	0.89	66.13	74.87
14.00	0.32	1.05	77.15	86.97
16.00	0.36	1.18	88.17	96.25
18.00	0.41	1.35	99.20	107.36
20.00	0.46	1.51	110.22	117.91
22.00	0.51	1.67	121.24	127.92
24.00	0.57	1.87	132.26	139.20
26.00	0.63	2.07	143.28	149.68
28.00	0.68	2.23	154.31	157.81
30.00	0.73	2.40	165.33	165.39
32.00	0.78	2.56	176.35	172.41
34.00	0.84	2.76	187.37	180.11
35.00	0.91	2.99	192.88	188.10
34.00	0.98	3.22	187.37	195.00
33.00	1.06	3.48	181.86	201.57

Ec. Esf. $Y=-10.227X^2+93.504X$
 Coef. de correlación (i) 0.9914
 Def. de rotura unitaria*1000 2.99
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 192.88
 Módulo elast. (kg/cm2) 205723.3
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 190285.4

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-07-2



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

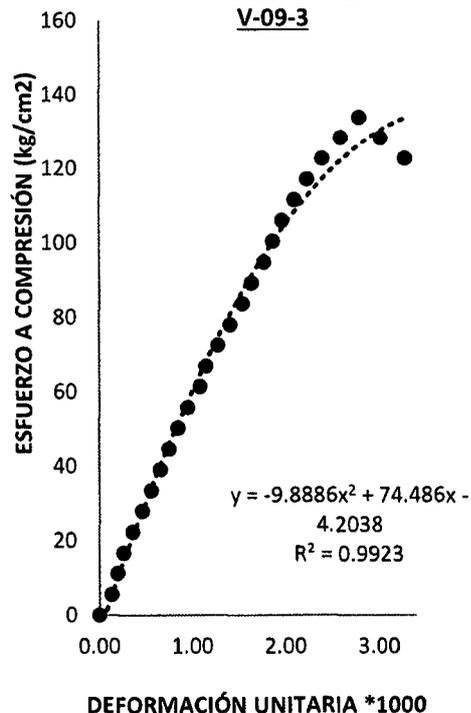
Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-09-3 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 305.00 mm

Coef. de correlación (i) 0.9923
 Def. de rotura unitaria*1000 2.79
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 128.44
 Módulo elast.. (kg/cm2) 171539.8
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 166201.9

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.04	0.13	5.58	9.60
2.00	0.06	0.20	11.17	14.27
3.00	0.08	0.26	16.75	18.86
4.00	0.11	0.36	22.34	25.58
5.00	0.14	0.46	27.92	32.11
6.00	0.17	0.56	33.50	38.44
7.00	0.20	0.66	39.09	44.59
8.00	0.23	0.75	44.67	50.55
9.00	0.26	0.85	50.26	56.31
10.00	0.29	0.95	55.84	61.88
11.00	0.33	1.08	61.43	69.02
12.00	0.35	1.15	67.01	72.45
13.00	0.39	1.28	72.59	79.08
14.00	0.43	1.41	78.18	85.36
15.00	0.47	1.54	83.76	91.30
16.00	0.50	1.64	89.35	95.53
17.00	0.54	1.77	94.93	100.88
18.00	0.57	1.87	100.51	104.67
19.00	0.60	1.97	106.10	108.26
20.00	0.64	2.10	111.68	112.76
21.00	0.68	2.23	117.27	116.91
22.00	0.73	2.39	122.85	121.63
23.00	0.79	2.59	128.44	126.59
24.00	0.85	2.79	134.02	130.78
23.00	0.92	3.02	128.44	134.71
22.00	1.00	3.28	122.85	137.92

Ec. Esf. $Y = -9.8886X^2 + 74.486X$

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-09-3



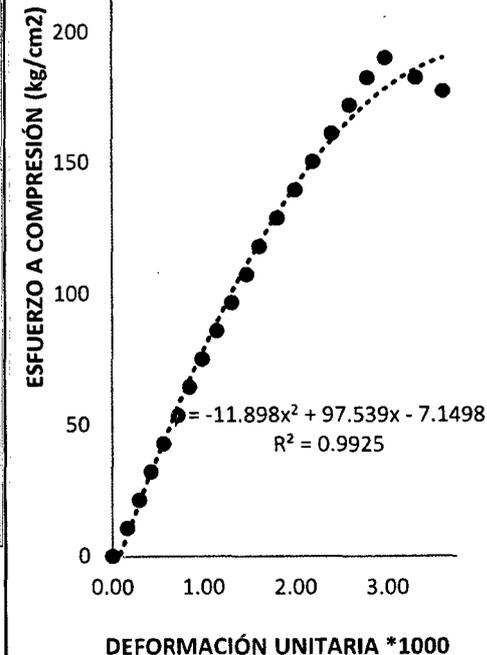
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-11-3 Edad: 28 días
 A = 186.27 cm2
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	10.74	15.72
4.00	0.09	0.30	21.47	27.83
6.00	0.13	0.43	32.21	39.53
8.00	0.17	0.56	42.95	50.82
10.00	0.22	0.72	53.69	64.36
12.00	0.26	0.86	64.42	74.72
14.00	0.30	0.99	75.16	84.67
16.00	0.35	1.15	85.90	96.53
18.00	0.40	1.32	96.64	107.74
20.00	0.45	1.48	107.37	118.31
22.00	0.49	1.61	118.11	126.31
24.00	0.55	1.81	128.85	137.52
26.00	0.61	2.01	139.59	147.81
28.00	0.67	2.20	150.32	157.18
30.00	0.73	2.40	161.06	165.61
32.00	0.79	2.60	171.80	173.12
34.00	0.85	2.80	182.54	179.71
35.40	0.91	2.99	190.05	185.36
34.00	1.01	3.32	182.54	192.73
33.00	1.10	3.62	177.17	197.16

Ec. Esf. $Y = -11.898X^2 + 97.539X$
 Coef. de correlación (i) 0.9925
 Def. de rotura unitaria*1000 2.99
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 185.36
 Módulo elast.. (kg/cm2) 204221.8
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 186590.0

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-11-3

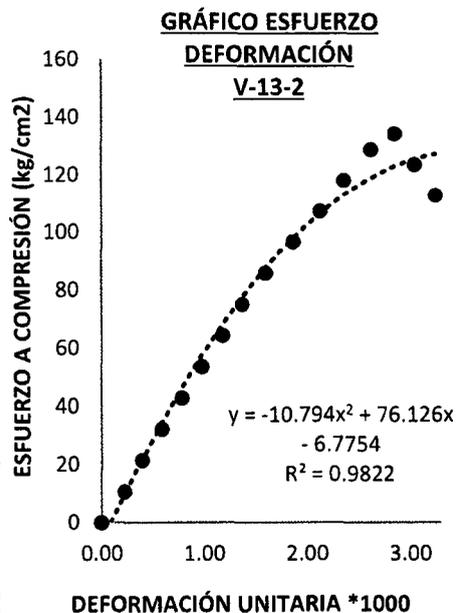


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-13-2 Edad: 28 días
 A = 186.27 cm2
 L = 305.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.07	0.23	10.74	16.90
4.00	0.12	0.39	21.47	28.28
6.00	0.18	0.59	32.21	41.17
8.00	0.24	0.79	42.95	53.22
10.00	0.30	0.98	53.69	64.44
12.00	0.36	1.18	64.42	74.82
14.00	0.42	1.38	75.16	84.36
16.00	0.49	1.61	85.90	94.44
18.00	0.57	1.87	96.64	104.57
20.00	0.65	2.13	107.37	113.21
22.00	0.72	2.36	118.11	119.56
24.00	0.80	2.62	128.85	125.41
25.00	0.87	2.85	134.22	129.32
23.00	0.93	3.05	123.48	131.76
21.00	0.99	3.25	112.74	133.37

Ec. Esf. $Y = -10.794X^2 + 76.126X$
 Coef. de correlación (i) 0.9822
 Def. de rotura unitaria*1000 2.85
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 129.32
 Módulo elast.. (kg/cm2) 170578.9
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 151703.1

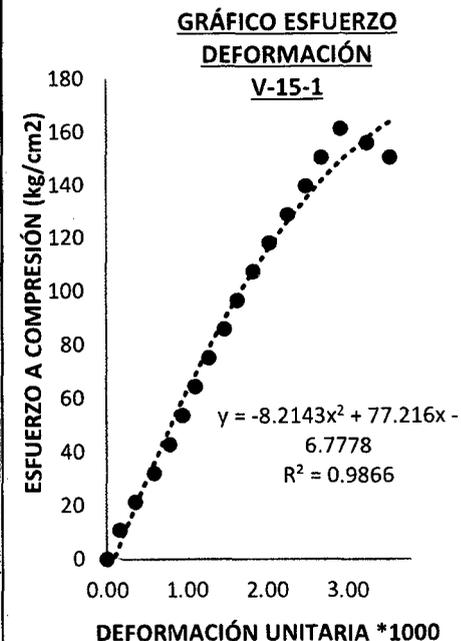


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-15-1 Edad: 28 días
 A = 186.27 cm2
 L = 304.50 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	10.74	12.46
4.00	0.11	0.36	21.47	26.82
6.00	0.18	0.59	32.21	42.77
8.00	0.24	0.79	42.95	55.76
10.00	0.29	0.95	53.69	66.09
12.00	0.34	1.12	64.42	75.98
14.00	0.39	1.28	75.16	85.42
16.00	0.45	1.48	85.90	96.17
18.00	0.50	1.64	96.64	104.64
20.00	0.56	1.84	107.37	114.22
22.00	0.62	2.04	118.11	123.17
24.00	0.69	2.27	128.85	132.79
26.00	0.76	2.50	139.59	141.55
28.00	0.82	2.69	150.32	148.37
30.00	0.89	2.92	161.06	155.51
29.00	0.99	3.25	155.69	164.22
28.00	1.08	3.55	150.32	170.54

Ec. Esf. $Y = -8.2143X^2 + 77.216X$
 Coef. de correlación (i) 0.9866
 Def. de rotura unitaria*1000 2.92
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 155.51
 Módulo elast.. (kg/cm2) 187058.4
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 168520.5



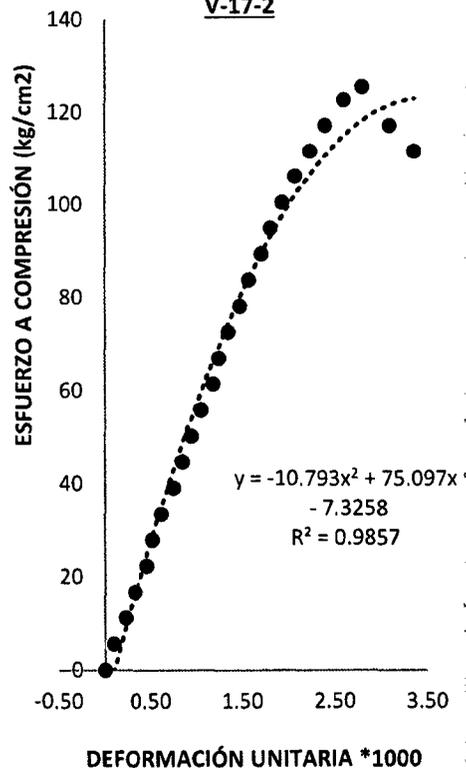
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-17-2 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 304.00 mm

Def. de rotura unitaria*1000 2.80
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 125.60
 Módulo elast. (kg/cm2) 168104.7
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 157774.1

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.03	0.10	5.58	7.31
2.00	0.07	0.23	11.17	16.72
3.00	0.10	0.33	16.75	23.54
4.00	0.14	0.46	22.34	32.30
5.00	0.16	0.53	27.92	36.53
6.00	0.19	0.63	33.50	42.72
7.00	0.23	0.76	39.09	50.64
8.00	0.26	0.86	44.67	56.33
9.00	0.29	0.95	50.26	61.82
10.00	0.32	1.05	55.84	67.09
11.00	0.36	1.18	61.43	73.80
12.00	0.38	1.25	67.01	77.01
13.00	0.41	1.35	72.59	81.65
14.00	0.45	1.48	78.18	87.51
15.00	0.48	1.58	83.76	91.67
16.00	0.52	1.71	89.35	96.88
17.00	0.55	1.81	94.93	100.54
18.00	0.59	1.94	100.51	105.09
19.00	0.63	2.07	106.10	109.28
20.00	0.68	2.24	111.68	113.98
21.00	0.73	2.40	117.27	118.10
22.00	0.79	2.60	122.85	122.27
22.50	0.85	2.80	125.64	125.60
21.00	0.94	3.09	117.27	129.01
20.00	1.02	3.36	111.68	130.46

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-17-2



Ec. Esf. $Y = -10.793X^2 + 75.097X - 7.3258$
 Coef. de correlación (i) 0.9857

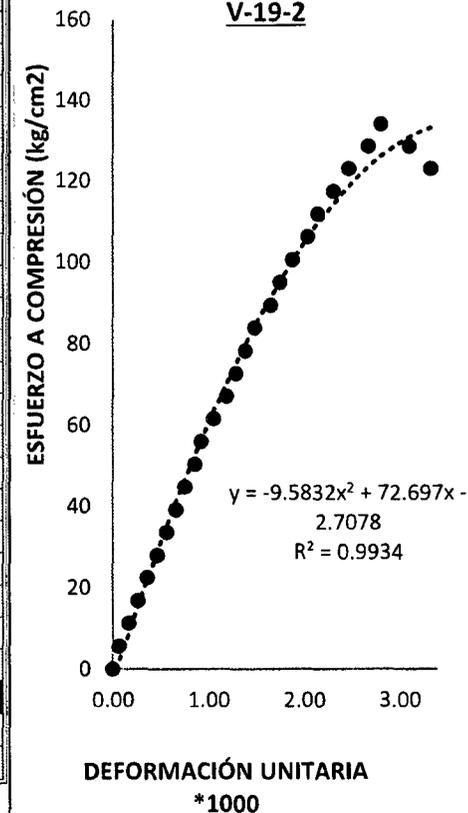
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-19-2 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 303.00 mm

Coef. de correlación (i) 0.9934
 Def. de rotura unitaria*1000 2.81
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 128.52
 Módulo elast. (kg/cm2) 170049.7
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 159596.0

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	0.07	5.58	4.76
2.00	0.05	0.17	11.17	11.74
3.00	0.08	0.26	16.75	18.53
4.00	0.11	0.36	22.34	25.13
5.00	0.14	0.46	27.92	31.54
6.00	0.17	0.56	33.50	37.77
7.00	0.20	0.66	39.09	43.81
8.00	0.23	0.76	44.67	49.66
9.00	0.26	0.86	50.26	55.32
10.00	0.28	0.92	55.84	59.00
11.00	0.32	1.06	61.43	66.09
12.00	0.36	1.19	67.01	72.84
13.00	0.39	1.29	72.59	77.69
14.00	0.42	1.39	78.18	82.36
15.00	0.45	1.49	83.76	86.83
16.00	0.50	1.65	89.35	93.87
17.00	0.53	1.75	94.93	97.84
18.00	0.57	1.88	100.51	102.84
19.00	0.62	2.05	106.10	108.63
20.00	0.65	2.15	111.68	111.85
21.00	0.70	2.31	117.27	116.80
22.00	0.75	2.48	122.85	121.23
23.00	0.81	2.67	128.44	125.85
24.00	0.85	2.81	134.02	128.52
23.00	0.94	3.10	128.44	133.30
22.00	1.01	3.33	122.85	135.84

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-19-2



Ec. Esf. $Y = -9.5832X^2 + 72.697X - 2.7078$

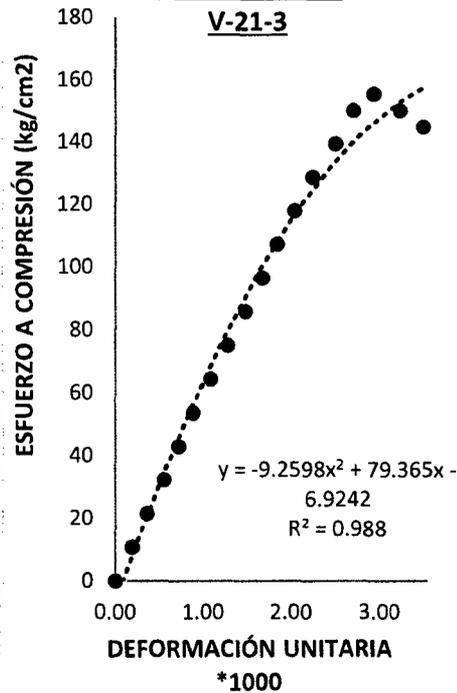
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-21-3 Edad: 28 días
 A = 186.27 cm2
 L = 303.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.06	0.20	10.74	15.35
4.00	0.11	0.36	21.47	27.59
6.00	0.17	0.56	32.21	41.61
8.00	0.22	0.73	42.95	52.74
10.00	0.27	0.89	53.69	63.37
12.00	0.33	1.09	64.42	75.45
14.00	0.39	1.29	75.16	86.81
16.00	0.45	1.49	85.90	97.44
18.00	0.51	1.68	96.64	107.35
20.00	0.56	1.85	107.37	115.05
22.00	0.62	2.05	118.11	123.63
24.00	0.68	2.24	128.85	131.48
26.00	0.76	2.51	139.59	140.81
28.00	0.82	2.71	150.32	146.97
29.00	0.89	2.94	155.69	153.23
28.00	0.98	3.23	150.32	159.83
27.00	1.06	3.50	144.95	164.32

Ec. Esf. $Y = -9.2598X^2 + 79.365X$
 Coef. de correlación (i) 0.988
 Def. de rotura unitaria*1000 2.94
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 155.69
 Módulo elast.. (kg/cm2) 185677.7
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 163478.7

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-21-3



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

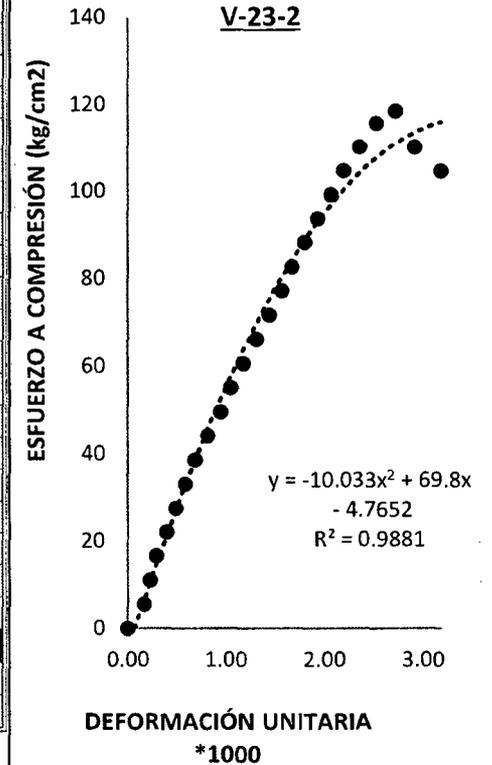
Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-23-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 304.50 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	0.16	5.51	11.19
2.00	0.07	0.23	11.02	15.52
3.00	0.09	0.30	16.53	19.75
4.00	0.12	0.39	22.04	25.95
5.00	0.15	0.49	27.55	31.95
6.00	0.18	0.59	33.07	37.76
7.00	0.21	0.69	38.58	43.37
8.00	0.25	0.82	44.09	50.54
9.00	0.29	0.95	49.60	57.38
10.00	0.32	1.05	55.11	62.27
11.00	0.36	1.18	60.62	68.50
12.00	0.40	1.31	66.13	74.38
13.00	0.44	1.44	71.64	79.91
14.00	0.48	1.58	77.15	85.10
15.00	0.51	1.67	82.66	88.76
16.00	0.55	1.81	88.17	93.34
17.00	0.59	1.94	93.69	97.58
18.00	0.63	2.07	99.20	101.47
19.00	0.67	2.20	104.71	105.01
20.00	0.72	2.36	110.22	108.95
21.00	0.77	2.53	115.73	112.35
21.50	0.83	2.73	118.48	115.72
20.00	0.89	2.92	110.22	118.30
19.00	0.97	3.19	104.71	120.54

Ec. Esf. $Y = -10.033X^2 + 69.8X - 4.7652$
 Coef. de correlación (i) 0.9881
 Def. de rotura unitaria*1000 2.73

Esf. de rotura (Kg/cm2) 115.72
 Módulo elast.. (kg/cm2) 161356.7
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 159436.1

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-23-2



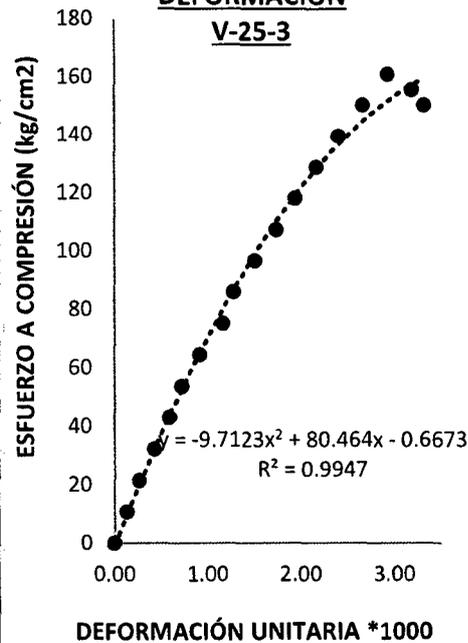
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-25-3 Edad: 28 días
 A = 186.27 cm²
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.04	0.13	10.74	10.42
4.00	0.08	0.26	21.47	20.50
6.00	0.13	0.43	32.21	32.63
8.00	0.18	0.59	42.95	44.24
10.00	0.22	0.72	53.69	53.14
12.00	0.28	0.92	64.42	65.87
14.00	0.36	1.17	75.16	80.72
16.00	0.39	1.28	85.90	87.24
18.00	0.46	1.51	96.64	99.52
20.00	0.53	1.74	107.37	110.76
22.00	0.59	1.94	118.11	119.58
24.00	0.66	2.17	128.85	128.91
26.00	0.73	2.40	139.59	137.22
28.00	0.81	2.66	150.32	145.44
30.00	0.89	2.93	161.06	152.32
29.00	0.97	3.19	155.69	157.86
28.00	1.01	3.32	150.32	160.13

Ec. Esf. $Y = -9.7123X^2 + 80.464X$
 Coef. de correlación (i) 0.9947
 Def. de rotura unitaria*1000 2.93
 Esf. de rotura (Kg/cm²) 152.32
 Módulo elast.. (kg/cm²) 185129.8
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 164208.0

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-25-3



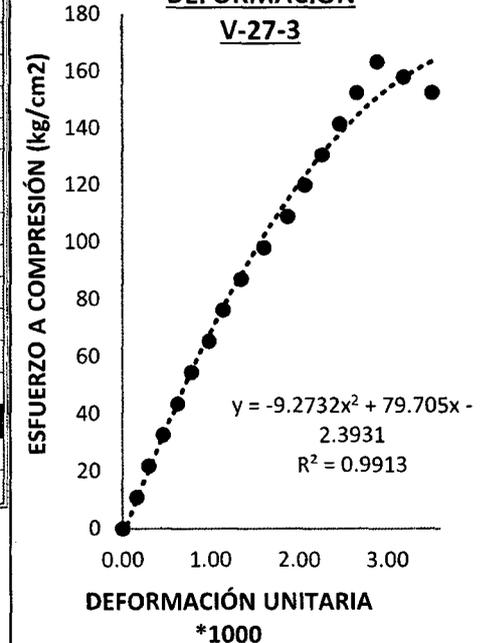
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-27-3 Edad: 28 días
 A = 183.85 cm²
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	10.88	12.86
4.00	0.09	0.30	21.76	22.78
6.00	0.14	0.46	32.63	34.74
8.00	0.19	0.63	43.51	46.19
10.00	0.24	0.79	54.39	57.15
12.00	0.30	0.99	65.27	69.63
14.00	0.35	1.15	76.15	79.47
16.00	0.41	1.35	87.03	90.63
18.00	0.49	1.61	97.90	104.38
20.00	0.57	1.88	108.78	116.85
22.00	0.63	2.07	119.66	125.35
24.00	0.69	2.27	130.54	133.14
26.00	0.75	2.47	141.42	140.20
28.00	0.81	2.66	152.29	146.54
30.00	0.88	2.89	163.17	153.02
29.00	0.97	3.19	157.73	159.91
28.00	1.07	3.52	152.29	165.66

Ec. Esf. $Y = -9.2732X^2 + 79.705X$
 Coef. de correlación (i) 0.9913
 Def. de rotura unitaria*1000 2.89
 Esf. de rotura (Kg/cm²) 153.02
 Módulo elast.. (kg/cm²) 185552.0
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 171022.6

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN V-27-3



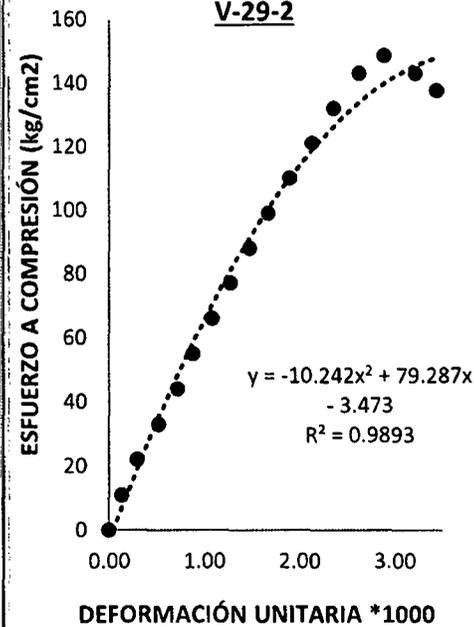
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Hecho al pie de Obra
 Cód V-29-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 304.50 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.04	0.13	11.02	10.24
4.00	0.09	0.30	22.04	22.54
6.00	0.16	0.53	33.07	38.83
8.00	0.22	0.72	44.09	51.94
10.00	0.27	0.89	55.11	62.25
12.00	0.33	1.08	66.13	73.90
14.00	0.39	1.28	77.15	84.75
16.00	0.45	1.48	88.17	94.80
18.00	0.51	1.67	99.20	104.06
20.00	0.58	1.90	110.22	113.86
22.00	0.65	2.13	121.24	122.58
24.00	0.72	2.36	132.26	130.21
26.00	0.80	2.63	143.28	137.61
27.00	0.88	2.89	148.79	143.60
26.00	0.98	3.22	143.28	149.09
25.00	1.05	3.45	137.77	151.62

Ec. Esf. $Y = -10.242X^2 + 79.287X$
 Coef. de correlación (i) 0.9893
 Def. de rotura unitaria*1000 2.89
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 143.60
 Módulo elast. (kg/cm2) 179747.9
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 161347.8

**GRÁFICO ESFUERZO
 DEFORMACIÓN
 V-29-2**



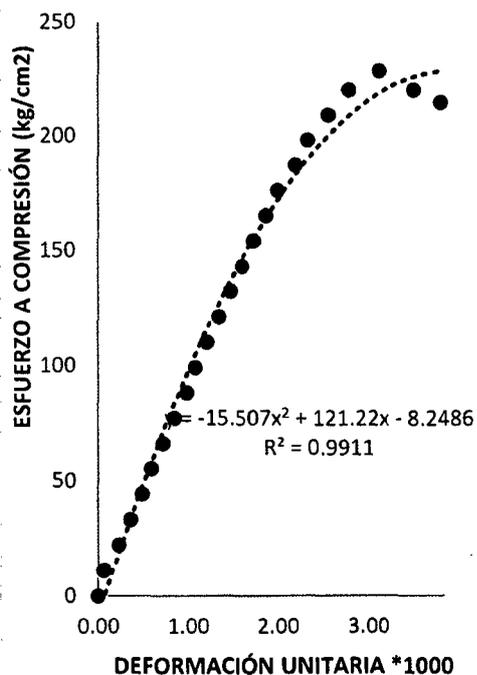
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-01-1 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 305.00 mm

Mód. elast. (kg/cm2) 226060.7
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 203745.7

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.02	0.07	11.02	7.88
4.00	0.07	0.23	22.04	27.00
6.00	0.11	0.36	33.07	41.70
8.00	0.15	0.49	44.09	55.87
10.00	0.18	0.59	55.11	66.14
12.00	0.22	0.72	66.13	79.37
14.00	0.26	0.85	77.15	92.07
16.00	0.30	0.98	88.17	104.23
18.00	0.33	1.08	99.20	113.00
20.00	0.37	1.21	110.22	124.23
22.00	0.41	1.34	121.24	134.93
24.00	0.45	1.48	132.26	145.09
26.00	0.49	1.61	143.28	154.72
28.00	0.53	1.74	154.31	163.82
30.00	0.57	1.87	165.33	172.38
32.00	0.61	2.00	176.35	180.41
34.00	0.67	2.20	187.37	191.46
36.00	0.71	2.33	198.39	198.15
38.00	0.78	2.56	209.41	208.59
40.00	0.85	2.79	220.44	217.39
41.50	0.95	3.11	228.70	227.13
40.00	1.07	3.51	220.44	234.41
39.00	1.16	3.80	214.93	236.73

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-01-1



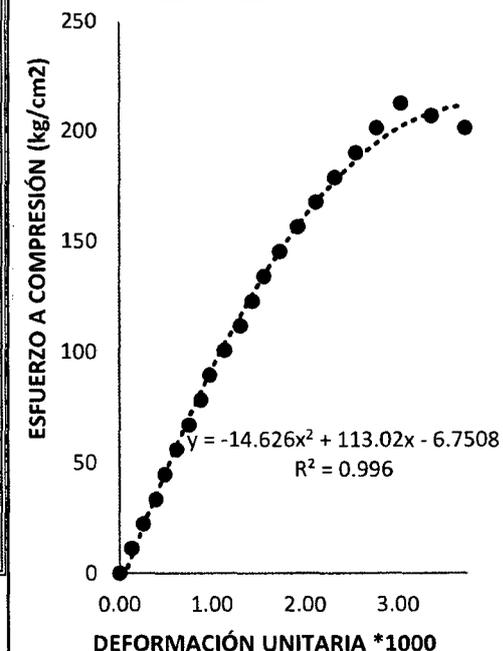
Ec. Esf. $Y = -15.507X^2 + 121.22X$
 Coef. de correlación (i) 0.9911
 Def. de rotura unitaria*1000 3.11
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 227.13

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-02-2 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 306.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.04	0.13	11.17	14.52
4.00	0.08	0.26	22.34	28.55
6.00	0.12	0.39	33.50	42.07
8.00	0.15	0.49	44.67	51.89
10.00	0.19	0.62	55.84	64.54
12.00	0.23	0.75	67.01	76.69
14.00	0.27	0.88	78.18	88.34
16.00	0.30	0.98	89.35	96.75
18.00	0.35	1.14	100.51	110.14
20.00	0.40	1.31	111.68	122.75
22.00	0.44	1.44	122.85	132.27
24.00	0.48	1.57	134.02	141.30
26.00	0.53	1.73	145.19	151.88
28.00	0.59	1.93	156.36	163.54
30.00	0.65	2.12	167.52	174.08
32.00	0.71	2.32	178.69	183.50
34.00	0.78	2.55	189.86	193.06
36.00	0.85	2.78	201.03	201.09
38.00	0.93	3.04	212.20	208.39
37.00	1.03	3.37	206.61	214.71
36.00	1.14	3.73	201.03	218.06

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-02-2



Ec. Esf. $Y = -14.626X^2 + 113.02X$
 Coef. de correlación (i) 0.996
 Def. de rotura unitaria*1000 3.04
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 208.39
 Mód. elast. (kg/cm2) 216538.0
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 200530.3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

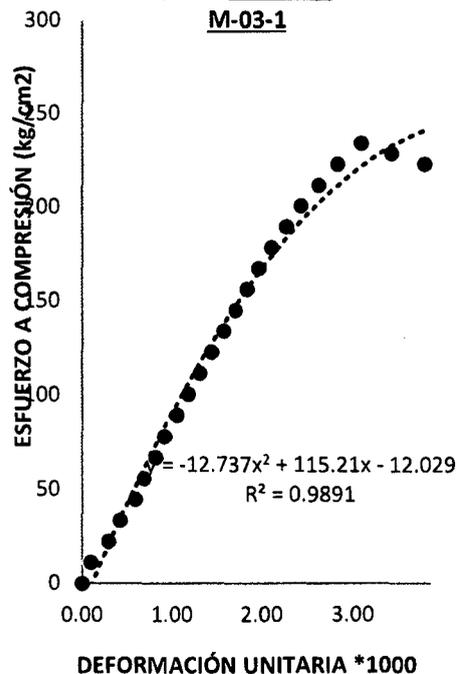
Tipo : C° Premezclado
 Cód M-03-1 Edad: 28 días
 A = 179.08 cm2
 L = 304.00 mm

Mód. elast. (kg/cm2) 229682.0
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 214687.7

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.03	0.10	11.17	11.25
4.00	0.09	0.30	22.34	32.99
6.00	0.13	0.43	33.50	46.94
8.00	0.18	0.59	44.67	63.75
10.00	0.21	0.69	55.84	73.51
12.00	0.25	0.82	67.01	86.13
14.00	0.28	0.92	78.18	95.31
16.00	0.32	1.05	89.35	107.16
18.00	0.36	1.18	100.51	118.57
20.00	0.40	1.32	111.68	129.54
22.00	0.44	1.45	122.85	140.07
24.00	0.48	1.58	134.02	150.16
26.00	0.52	1.71	145.19	159.80
28.00	0.56	1.84	156.36	169.01
30.00	0.60	1.97	167.52	177.77
32.00	0.64	2.11	178.69	186.10
34.00	0.69	2.27	189.86	195.88
36.00	0.74	2.43	201.03	204.97
38.00	0.80	2.63	212.20	214.98
40.00	0.86	2.83	223.37	223.99
42.00	0.94	3.09	234.53	234.46
41.00	1.04	3.42	228.95	245.07
40.00	1.15	3.78	223.37	253.56

Ec. Esf. $Y = -12.737X^2 + 115.21X$
 Coef. de correlación (i) 0.9891
 Def. de rotura unitaria*1000 3.09
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 234.46

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-03-1



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

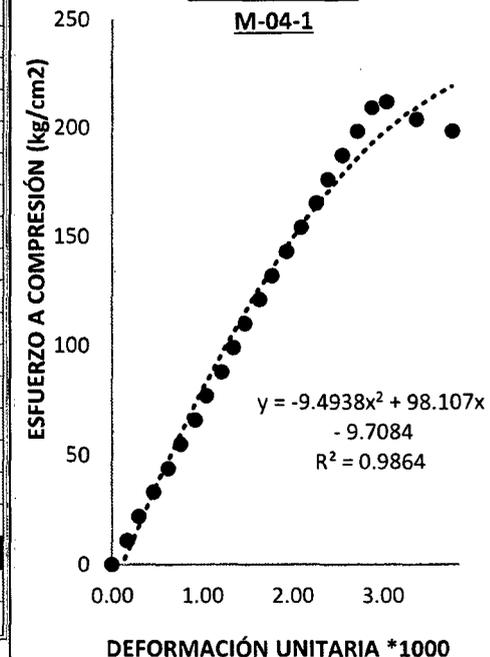
Tipo : C° Premezclado
 Cód M-04-1 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 305.00 mm

M. elast. Gráf. (kg/cm2) 200992.4

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	11.02	15.83
4.00	0.09	0.30	22.04	28.12
6.00	0.14	0.46	33.07	43.03
8.00	0.19	0.62	44.09	57.43
10.00	0.23	0.75	55.11	68.58
12.00	0.28	0.92	66.13	82.06
14.00	0.32	1.05	77.15	92.48
16.00	0.37	1.21	88.17	105.04
18.00	0.41	1.34	99.20	114.73
20.00	0.45	1.48	110.22	124.08
22.00	0.50	1.64	121.24	135.32
24.00	0.54	1.77	132.26	143.94
26.00	0.59	1.93	143.28	154.25
28.00	0.64	2.10	154.31	164.06
30.00	0.69	2.26	165.33	173.36
32.00	0.73	2.39	176.35	180.43
34.00	0.78	2.56	187.37	188.81
36.00	0.83	2.72	198.39	196.67
38.00	0.88	2.89	209.41	204.03
39.50	0.93	3.05	212.47	210.88
37.00	1.03	3.38	203.90	223.04
36.00	1.15	3.77	198.39	234.94

Ec. Esf. $Y = -9.4938X^2 + 98.107X$
 Coef. de correlación (i) 0.9864
 Def. de rotura unitaria*1000 3.05
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 210.88
 Mód. elast. (kg/cm2) 217824.2

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-04-1



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-05-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 305.00 mm

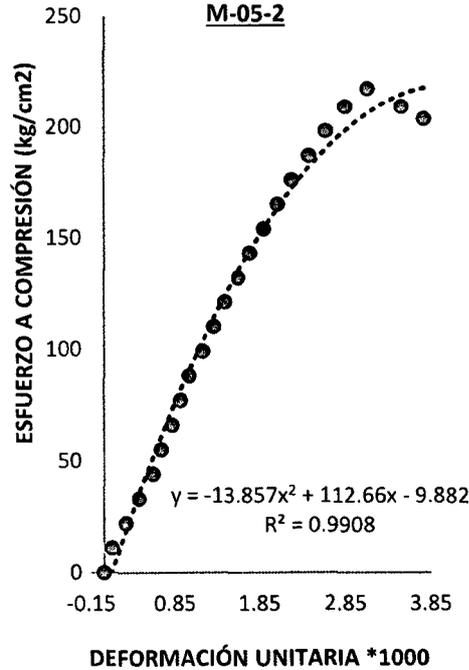
Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.03	0.10	11.02	10.95
4.00	0.08	0.26	22.04	28.60
6.00	0.13	0.43	33.07	45.50
8.00	0.18	0.59	44.09	61.66
10.00	0.21	0.69	55.11	71.00
12.00	0.25	0.82	66.13	83.03
14.00	0.28	0.92	77.15	91.75
16.00	0.31	1.02	88.17	100.19
18.00	0.36	1.18	99.20	113.67
20.00	0.40	1.31	110.22	123.92
22.00	0.44	1.44	121.24	133.69
24.00	0.49	1.61	132.26	145.23
26.00	0.53	1.74	143.28	153.93
28.00	0.58	1.90	154.31	164.13
30.00	0.63	2.07	165.33	173.59
32.00	0.68	2.23	176.35	182.30
34.00	0.74	2.43	187.37	191.77
36.00	0.80	2.62	198.39	200.17
38.00	0.87	2.85	209.41	208.61
39.50	0.95	3.11	217.68	216.47
38.00	1.07	3.51	209.41	224.69
37.00	1.15	3.77	203.90	227.78

Ec. Esf. $Y = -13.857X^2 + 112.66X$
 Coef. de correlación (i) 0.9908
 Def. de rotura unitaria*1000 3.11
 Esf. de rotura (Kg/cm2) 216.47
 Mód. elast. (kg/cm2) 220694.7
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 194188.0

M. elast. Gráf. (kg/cm2)

223072.5

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-05-2



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-06-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 304.00 mm

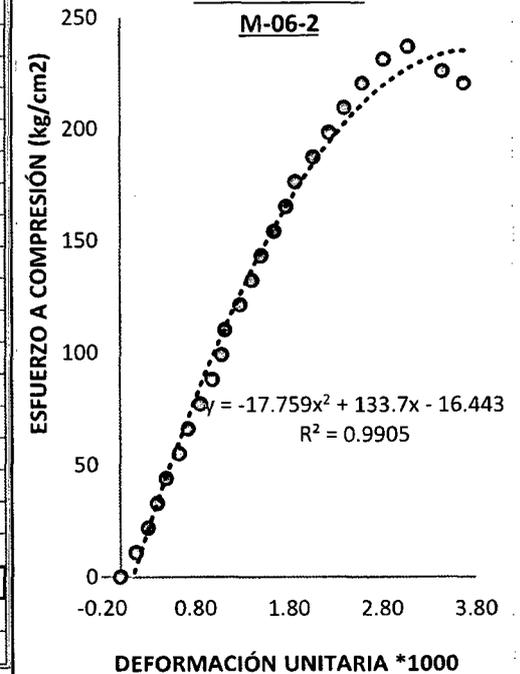
Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	11.02	21.51
4.00	0.09	0.30	22.04	38.03
6.00	0.12	0.39	33.07	50.01
8.00	0.15	0.49	44.09	61.65
10.00	0.19	0.63	55.11	76.63
12.00	0.22	0.72	66.13	87.46
14.00	0.26	0.86	77.15	101.36
16.00	0.30	0.99	88.17	114.65
18.00	0.33	1.09	99.20	124.21
20.00	0.34	1.12	110.22	127.32
22.00	0.39	1.28	121.24	142.29
24.00	0.43	1.41	132.26	153.58
26.00	0.46	1.51	143.28	161.65
28.00	0.50	1.64	154.30	171.86
30.00	0.54	1.78	165.33	181.46
32.00	0.57	1.88	176.35	188.25
34.00	0.63	2.07	187.37	200.81
36.00	0.68	2.24	198.39	210.21
38.00	0.73	2.40	209.41	218.65
40.00	0.79	2.60	220.43	227.51
42.00	0.86	2.83	231.46	236.11
43.00	0.94	3.09	236.97	243.62
41.00	1.05	3.45	225.95	249.93
40.00	1.12	3.68	220.43	251.53

Ec. Esf. $Y = -17.759X^2 + 133.7X$
 Coef. de correlación (i) 0.9905
 Def. de rotura unitaria*1000 3.09

Esf. de rotura (Kg/cm2)
 Mód. elast. (kg/cm2)

243.62
 234124.3

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-06-2



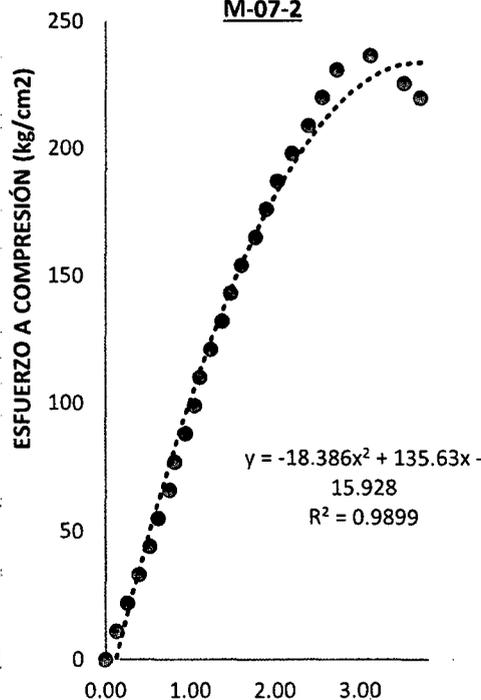
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-07-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 305.00 mm

Esf. de rotura (Kg/cm2) 244.08
 Mód. elast. (kg/cm2) 234345.3
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 218953.0

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.04	0.13	11.02	17.47
4.00	0.08	0.26	22.04	34.31
6.00	0.12	0.39	33.07	50.52
8.00	0.16	0.52	44.09	66.09
10.00	0.19	0.62	55.11	77.36
12.00	0.23	0.75	66.13	91.82
14.00	0.25	0.82	77.15	98.82
16.00	0.29	0.95	88.17	112.34
18.00	0.32	1.05	99.20	122.06
20.00	0.34	1.11	110.22	128.35
22.00	0.38	1.25	121.24	140.44
24.00	0.42	1.38	132.26	151.90
26.00	0.45	1.48	143.28	160.09
28.00	0.49	1.61	154.31	170.44
30.00	0.54	1.77	165.33	182.50
32.00	0.58	1.90	176.35	191.43
34.00	0.62	2.03	187.37	199.73
36.00	0.67	2.20	198.39	209.22
38.00	0.73	2.39	209.41	219.30
40.00	0.78	2.56	220.44	226.61
42.00	0.83	2.72	231.46	232.93
43.00	0.95	3.11	236.97	244.08
41.00	1.07	3.51	225.95	249.53
40.00	1.13	3.70	220.44	250.12

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-07-2



DEFORMACIÓN UNITARIA *1000

Ec. Esf. $Y = -18.386X^2 + 135.63X - 15.928$
 Coef. de correlación (i) 0.9899
 Def. de rotura unitaria*1000 3.11

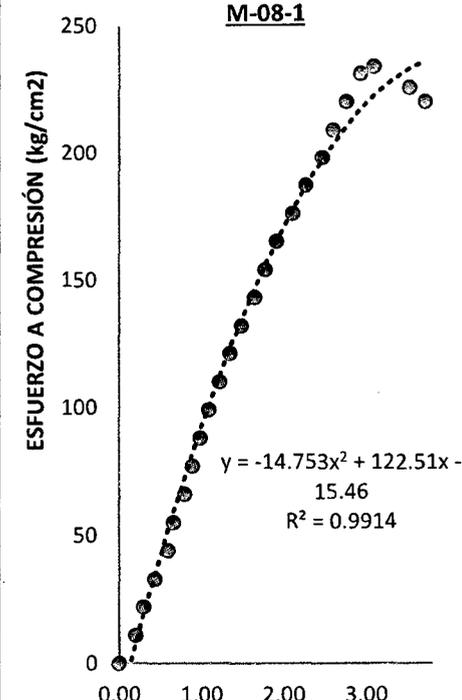
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-08-1 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm2
 L = 303.00 mm

Esf. de rotura (Kg/cm2) 238.57
 Mód. elast. (kg/cm2) 231685.4
 M. elast. Gráf. (kg/cm2) 216426.7

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm2	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.06	0.20	11.02	23.88
4.00	0.09	0.30	22.04	35.37
6.00	0.13	0.43	33.07	50.24
8.00	0.18	0.59	44.09	68.09
10.00	0.20	0.66	55.11	75.00
12.00	0.24	0.79	66.13	88.43
14.00	0.27	0.89	77.15	98.15
16.00	0.30	0.99	88.17	107.59
18.00	0.33	1.09	99.20	116.72
20.00	0.37	1.22	110.22	128.45
22.00	0.41	1.35	121.24	139.65
24.00	0.45	1.49	132.26	150.32
26.00	0.50	1.65	143.28	157.99
28.00	0.54	1.78	154.31	170.10
30.00	0.58	1.91	165.33	181.40
32.00	0.64	2.11	176.35	193.88
34.00	0.69	2.28	187.37	203.37
36.00	0.75	2.48	198.39	213.69
38.00	0.79	2.61	209.41	219.91
40.00	0.84	2.77	220.44	226.95
42.00	0.89	2.94	231.46	233.17
42.50	0.94	3.10	234.21	238.57
41.00	1.07	3.53	225.95	248.78
40.00	1.13	3.73	220.44	251.63

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-08-1



DEFORMACIÓN UNITARIA *1000

Ec. Esf. $Y = -15.037X^2 + 123.55X - 15.46$
 Coef. de correlación (i) 0.9914
 Def. de rotura unitaria*1000 3.10

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

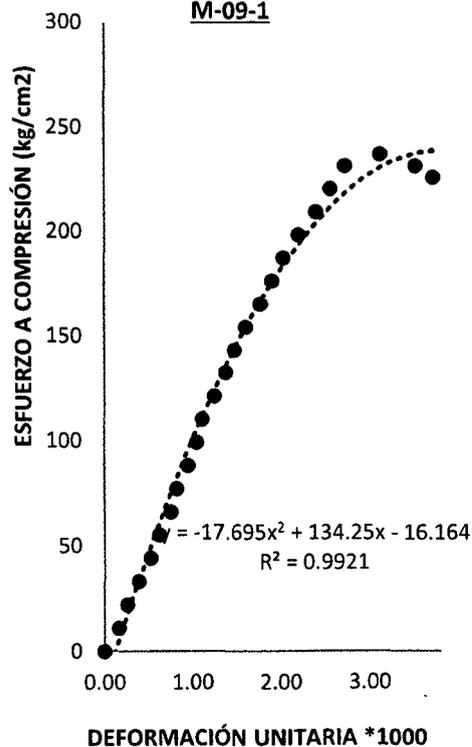
Tipo : C° Premezclado
 Cód M-09-1 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm²
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	11.02	21.60
4.00	0.08	0.26	22.04	34.10
6.00	0.12	0.39	33.07	50.24
8.00	0.16	0.53	44.09	65.76
10.00	0.19	0.63	55.11	76.99
12.00	0.23	0.76	66.13	91.44
14.00	0.25	0.82	77.15	98.44
16.00	0.29	0.95	88.17	111.96
18.00	0.32	1.05	99.20	121.71
20.00	0.34	1.12	110.22	128.01
22.00	0.38	1.25	121.24	140.16
24.00	0.42	1.38	132.26	151.70
26.00	0.45	1.48	143.28	159.95
28.00	0.49	1.61	154.31	170.42
30.00	0.54	1.78	165.33	182.64
32.00	0.58	1.91	176.35	191.72
34.00	0.62	2.04	187.37	200.20
36.00	0.67	2.20	198.39	209.93
38.00	0.73	2.40	209.41	220.34
40.00	0.78	2.57	220.44	227.97
42.00	0.83	2.73	231.46	234.63
43.00	0.95	3.13	236.97	246.73
42.00	1.07	3.52	231.46	253.31
41.00	1.13	3.72	225.95	254.53

Ec. Esf. $Y = -17.695X^2 + 134.25X$
 Coef. de correlación (i) 0.9921
 Def. de rotura unitaria*1000 3.13

Esf. de rotura (Kg/cm²) 246.73
 Mód. elast. (kg/cm²) 235613.9
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 219314.2

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-09-1



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

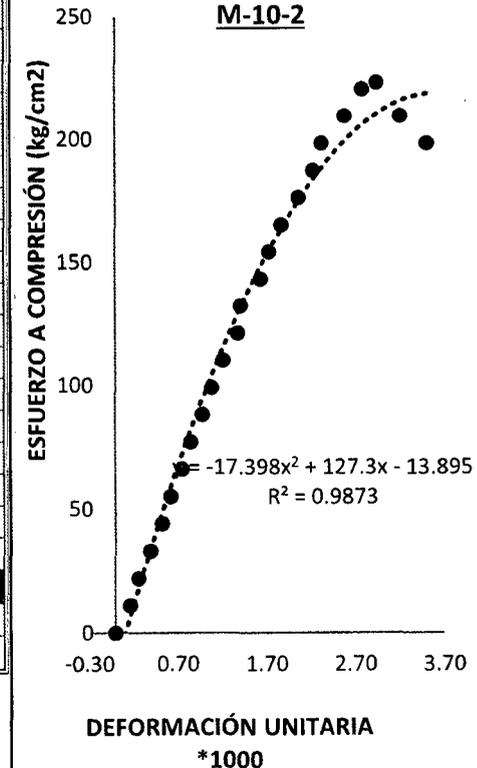
Tipo : C° Premezclado
 Cód M-10.2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm²
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	11.02	20.47
4.00	0.08	0.26	22.04	32.30
6.00	0.12	0.39	33.07	47.54
8.00	0.16	0.53	44.09	62.18
10.00	0.19	0.63	55.11	72.77
12.00	0.23	0.76	66.13	86.35
14.00	0.26	0.86	77.15	96.15
16.00	0.30	0.99	88.17	108.68
18.00	0.33	1.09	99.20	117.69
20.00	0.37	1.22	110.22	129.17
22.00	0.42	1.38	121.24	142.67
24.00	0.43	1.41	132.26	145.25
26.00	0.50	1.64	143.28	162.31
28.00	0.53	1.74	154.31	169.06
30.00	0.57	1.88	165.33	177.52
32.00	0.63	2.07	176.35	189.09
34.00	0.68	2.24	187.37	197.70
36.00	0.71	2.34	198.39	202.41
38.00	0.79	2.60	209.41	213.32
40.00	0.85	2.80	220.44	219.92
40.50	0.90	2.96	223.19	224.39
38.00	0.98	3.22	209.41	229.57
36.00	1.07	3.52	198.39	232.53

Ec. Esf. $Y = -17.398X^2 + 127.3X$
 Coef. de correlación (i) 0.9873
 Def. de rotura unitaria*1000 2.96
 Esf. de rotura (Kg/cm²) 224.39

Mód. elast. (kg/cm²) 224693.0
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 233607.8

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN M-10-2



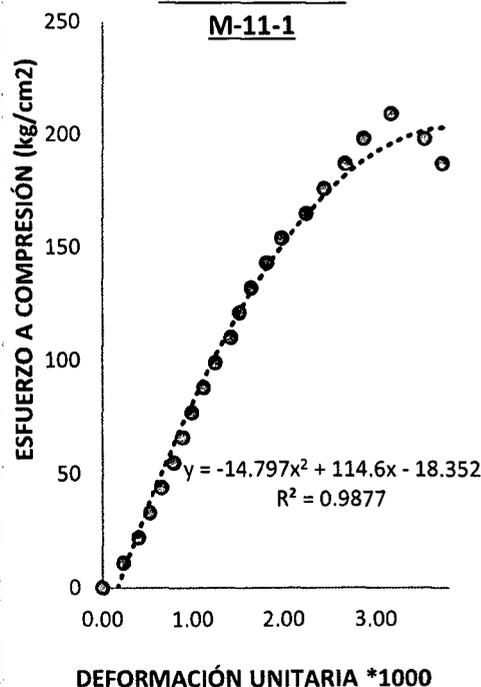
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-11-1 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm²
 L = 303.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.07	0.23	11.02	25.69
4.00	0.12	0.40	22.04	43.07
6.00	0.16	0.53	33.07	56.39
8.00	0.20	0.66	44.09	69.20
10.00	0.24	0.79	55.11	81.49
12.00	0.27	0.89	66.13	90.37
14.00	0.30	0.99	77.15	98.96
16.00	0.34	1.12	88.17	109.96
18.00	0.38	1.25	99.20	120.45
20.00	0.43	1.42	110.22	132.83
22.00	0.46	1.52	121.24	139.88
24.00	0.50	1.65	132.26	148.82
26.00	0.55	1.82	143.28	159.27
28.00	0.60	1.98	154.31	168.91
30.00	0.68	2.24	165.33	182.66
32.00	0.74	2.44	176.35	191.62
34.00	0.81	2.67	187.37	200.61
36.00	0.87	2.87	198.39	207.06
38.00	0.96	3.17	209.41	214.55
36.00	1.07	3.53	198.39	220.17
34.00	1.13	3.73	187.37	221.59

Ec. Esf. $Y = -14.797X^2 + 114.6X$
 Coef. de correlación (i) 0.9877
 Def. de rotura unitaria*1000 3.17
 Esf. de rotura (Kg/cm²) 214.55
 Mód. elast. (kg/cm²) 219714.6
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 183643.2

**GRÁFICO ESFUERZO
DEFORMACIÓN
M-11-1**



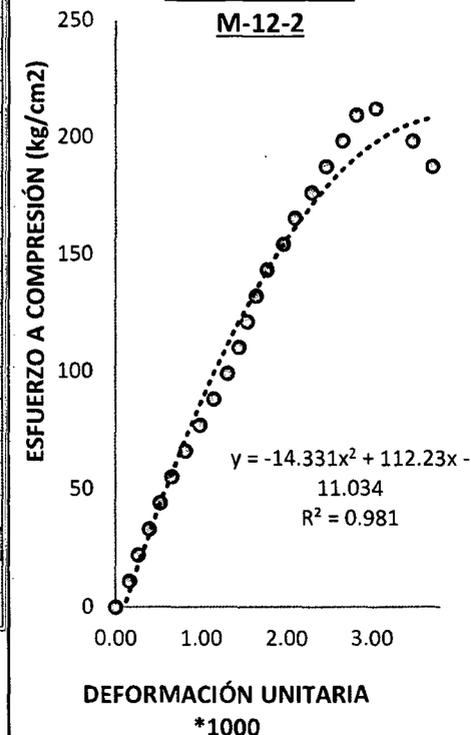
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-12-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm²
 L = 305.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	11.02	18.01
4.00	0.08	0.26	22.04	28.45
6.00	0.12	0.39	33.07	41.94
8.00	0.16	0.52	44.09	54.93
10.00	0.20	0.66	55.11	67.43
12.00	0.25	0.82	66.13	82.36
14.00	0.30	0.98	77.15	96.53
16.00	0.35	1.15	88.17	109.92
18.00	0.40	1.31	99.20	122.54
20.00	0.44	1.44	110.22	132.08
22.00	0.47	1.54	121.24	138.91
24.00	0.50	1.64	132.26	145.47
26.00	0.54	1.77	143.28	153.78
28.00	0.60	1.97	154.31	165.32
30.00	0.64	2.10	165.33	172.40
32.00	0.70	2.30	176.35	182.09
34.00	0.75	2.46	187.37	189.32
36.00	0.81	2.66	198.39	196.98
38.00	0.86	2.82	209.41	202.51
38.50	0.93	3.05	212.17	208.97
36.00	1.06	3.48	198.39	216.95
34.00	1.13	3.70	187.37	219.09

Ec. Esf. $Y = -14.331X^2 + 112.23X$
 Coef. de correlación (i) 0.981
 Def. de rotura unitaria*1000 3.05
 Esf. de rotura (Kg/cm²) 208.97
 Mód. elast. (kg/cm²) 216835.4

**GRÁFICO ESFUERZO
DEFORMACIÓN
M-12-2**



M. elast. Gráf. (kg/cm²)

199171.7

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

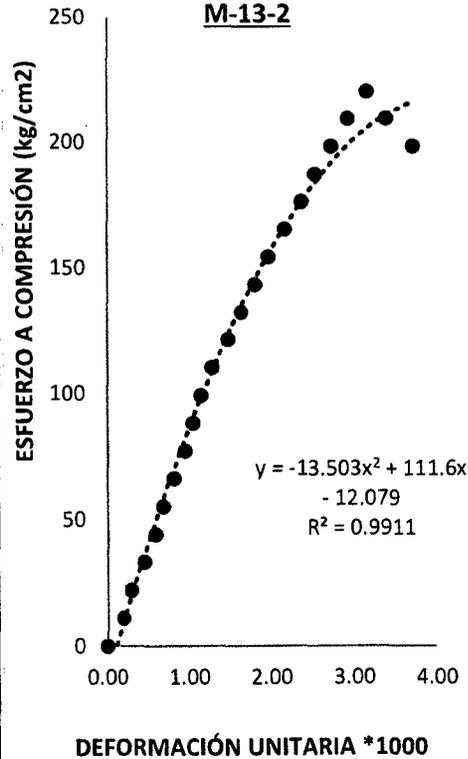
Tipo : C° Premezclado
 Cód M-13-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm²
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.06	0.20	11.02	21.50
4.00	0.09	0.30	22.04	31.86
6.00	0.14	0.46	33.07	48.53
8.00	0.18	0.59	44.09	61.34
10.00	0.21	0.69	55.11	70.65
12.00	0.25	0.82	66.13	82.64
14.00	0.29	0.95	77.15	94.17
16.00	0.32	1.05	88.17	102.51
18.00	0.35	1.15	99.20	110.59
20.00	0.39	1.28	110.22	120.95
22.00	0.45	1.48	121.24	135.61
24.00	0.50	1.64	132.26	147.02
26.00	0.55	1.81	143.28	157.71
28.00	0.60	1.97	154.31	167.66
30.00	0.66	2.17	165.33	178.64
32.00	0.72	2.37	176.35	188.57
34.00	0.77	2.53	187.37	196.04
36.00	0.83	2.73	198.39	204.04
38.00	0.89	2.93	209.41	210.99
40.00	0.96	3.16	220.44	217.77
38.00	1.03	3.39	209.41	223.11
36.00	1.13	3.72	198.39	228.26

Ec. Esf. $Y = -13.503X^2 + 111.6X$
 Coef. de correlación (i) 0.9911
 Def. de rotura unitaria*1000 3.16
 Esf. de rotura (Kg/cm²) 217.77
 Mód. elast. (kg/cm²) 221353.0
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 188069.9

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN

M-13-2



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

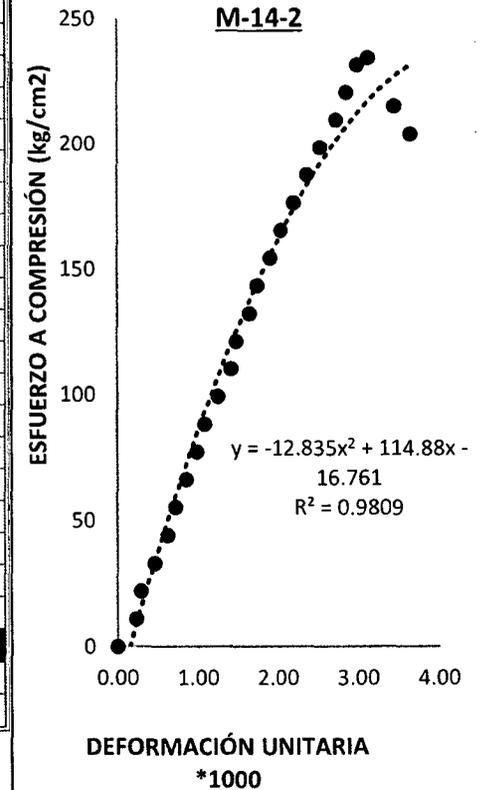
Tipo : C° Premezclado
 Cód M-14-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm²
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.07	0.23	11.02	25.77
4.00	0.09	0.30	22.04	32.89
6.00	0.14	0.46	33.07	50.18
8.00	0.19	0.63	44.09	66.79
10.00	0.22	0.72	55.11	76.41
12.00	0.26	0.86	66.13	88.86
14.00	0.30	0.99	77.15	100.87
16.00	0.33	1.09	88.17	109.58
18.00	0.38	1.25	99.20	123.55
20.00	0.43	1.41	110.22	136.82
22.00	0.45	1.48	121.24	141.93
24.00	0.50	1.64	132.26	154.23
26.00	0.53	1.74	143.28	161.27
28.00	0.58	1.91	154.31	172.46
30.00	0.62	2.04	165.33	180.91
32.00	0.67	2.20	176.35	190.84
34.00	0.72	2.37	187.37	200.09
36.00	0.77	2.53	198.39	208.64
38.00	0.83	2.73	209.41	217.98
40.00	0.87	2.86	220.44	223.65
42.00	0.91	2.99	231.46	228.88
42.50	0.95	3.13	234.21	233.66
39.00	1.05	3.45	214.93	243.67
37.00	1.11	3.65	203.90	248.35

Ec. Esf. $Y = -12.835X^2 + 114.88X$
 Coef. de correlación (i) 0.9809
 Def. de rotura unitaria*1000 3.13

GRÁFICO ESFUERZO DEFORMACIÓN

M-14-2



Esf. de rotura (Kg/cm²) 233.66
 Mód. elast. (kg/cm²) 229288.2
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 207696.2

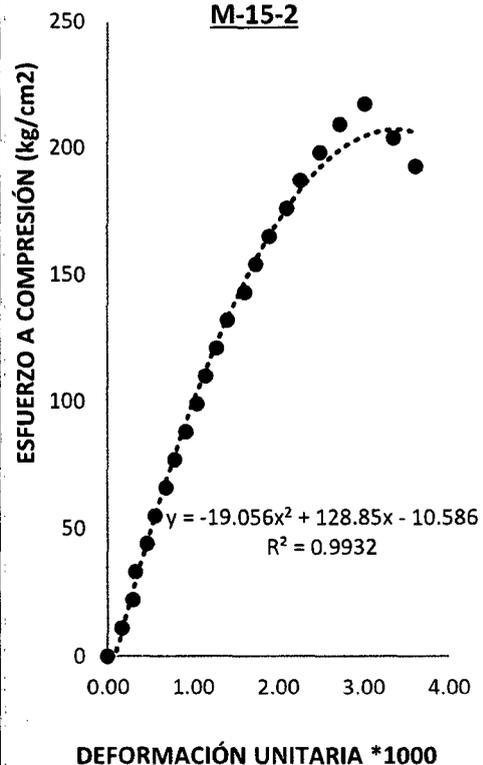
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo : C° Premezclado
 Cód M-15-2 Edad: 28 días
 A = 181.46 cm²
 L = 304.00 mm

Carga Tn	Def. mm	Def.Unit. *1000	Esf. kg/cm ²	Esf. Corr.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.05	0.16	11.02	20.68
4.00	0.09	0.30	22.04	36.48
6.00	0.10	0.33	33.07	40.32
8.00	0.14	0.46	44.09	55.30
10.00	0.17	0.56	55.11	66.10
12.00	0.21	0.69	66.13	79.91
14.00	0.24	0.79	77.15	89.85
16.00	0.28	0.92	88.17	102.51
18.00	0.32	1.05	99.20	114.52
20.00	0.35	1.15	110.22	123.09
22.00	0.39	1.28	121.24	133.94
24.00	0.43	1.41	132.26	144.13
26.00	0.49	1.61	143.28	158.18
28.00	0.53	1.74	154.31	166.72
30.00	0.58	1.91	165.33	176.47
32.00	0.64	2.11	176.35	186.80
34.00	0.69	2.27	187.37	194.28
36.00	0.76	2.50	198.39	203.03
38.00	0.83	2.73	209.41	209.74
39.50	0.92	3.03	217.66	215.41
37.00	1.02	3.36	203.90	217.80
35.00	1.10	3.62	192.88	216.73

Ec. Esf. $Y = -19.056X^2 + 128.85X$
 Coef. de correlación (i) 0.9932
 Def. de rotura unitaria*1000 3.03
 Esf. de rotura (Kg/cm²) 215.41
 Mód. elast. (kg/cm²) 220155.2
 M. elast. Gráf. (kg/cm²) 209891.3

GRÁFICO ESFUERZO
 DEFORMACIÓN
 M-15-2



G. PANEL FOTOGRÁFICO

EVALUACIÓN DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA, EN CONSTRUCCIONES DE LA ZONA DE EXPANSIÓN MOLLEPAMPA - CAJAMARCA



Fotografía N°1: Agregados "Caso típico 1": Arena de cerro y piedra chancada de río, combinación frecuente en la zona de muestreo.



Fotografía N°2: Concreto hecho al pie de obra elaborado de forma manual, utilizado en columnas.



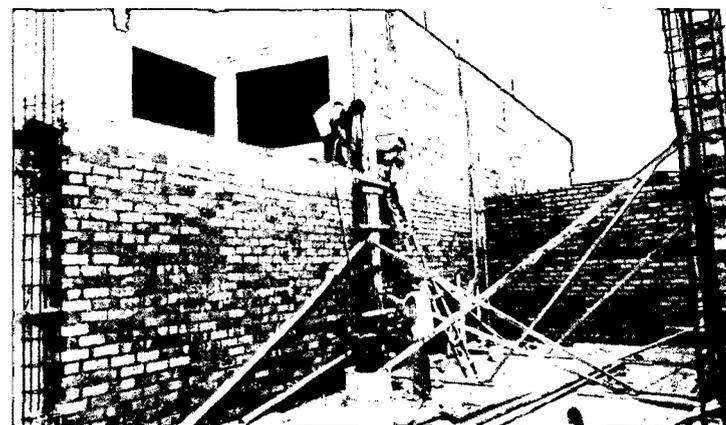
Fotografía N°3: Realizando la prueba del slump en campo, de concreto hecho al pie de obra para columnas.



Fotografía N°4: Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto hecho al pie de obra para evaluar su resistencia.



Fotografía N°5: Protección de los especímenes cilíndricos hasta que el concreto complete su fraguado (24h).



Fotografía N°6: Muestreo de concreto hecho al pie de obra, en este caso concreto utilizado en columnas.



Fotografía N°7: Concreto hecho al pie de obra elaborado con mezcladora y con agregado global de cerro ("Caso típico 2").



Fotografía N°8: Obtención de muestra para realizar la prueba del slump y elaborar especímenes cilíndricos.



Fotografía N°9: Realizando la prueba del Slump en campo, siguiendo las indicaciones normalizadas.



Fotografía N°10: Medición del asentamiento del concreto hecho al pie de obra, utilizado en columnas.



Fotografía N°11: Especímenes cilíndricos de concreto para determinar su resistencia a la compresión a los 28 días.



Fotografía N°12: Protección en campo de muestras cilíndricas de concreto hasta que completen su fraguado.



Fotografía N°13: Uso de agregado global de cerro ("caso típico 2") utilizado en el concreto hecho al pie de obra, material procedente de la cantera "el Gavilán".



Fotografía N°14: Concreto hecho al pie de obra con a agregado global para columnas y elaborado de forma manual.



Fotografía N°15: Medición del asentamiento de la mezcla de concreto a ser utilizado en columnas, elaborada con agregado global de cerro.



Fotografía N°16: Muestras cilíndricas de concreto hecho al pie de obra, elaboradas para determinar su resistencia a los 28 días.



Fotografía N°17: Muestreo de concreto elaborado con agregado global de cerro ("Caso típico 2"), de mayor uso en concreto hecho al pie de obra.



Fotografía N°18: Realizando la prueba del slump en campo de concreto hecho al pie de obra con agregado global de cerro.



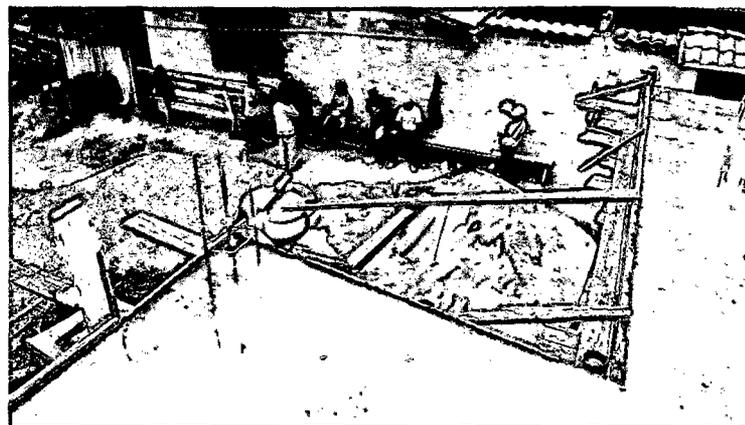
Fotografía N°19: Medición del asentamiento del concreto hecho al pie de obra. Mezcla excesivamente fluida.



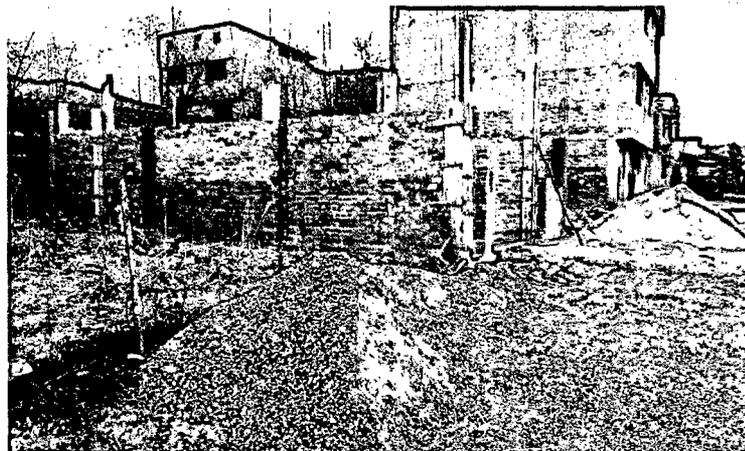
Fotografía N°20: Elaboración de especímenes cilíndricos para determinar su resistencia a compresión.



Fotografía N°21: Protección de las muestras elaboradas en campo, hasta que completen su fraguado.



Fotografía N°22: "Caso típico 1" Uso arena de la Cantera el Gavilán y piedra chancada de Cantera del río Chonta para ser utilizado en concreto para losa aligerada.



Fotografía N°23: "Caso típico 2" Uso agregado global de la Cantera el Gavilán para elaborar concreto para columnas.



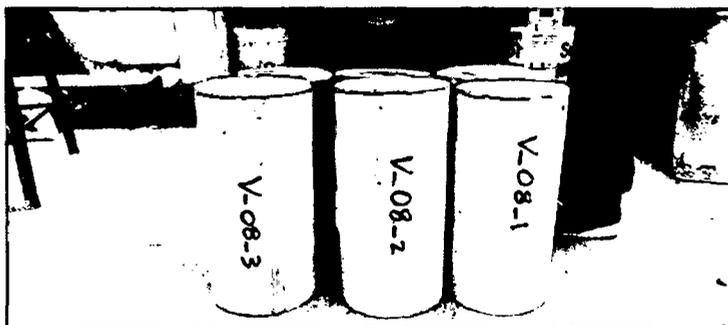
Fotografía N°24: Transporte de muestras cilíndricas de concreto hecho al pie de obra hacia lo zona de curado.



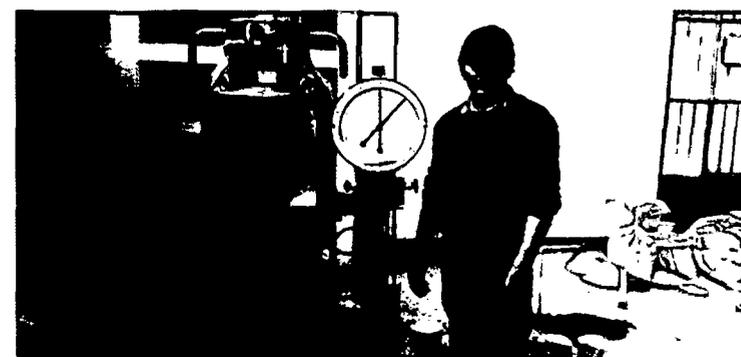
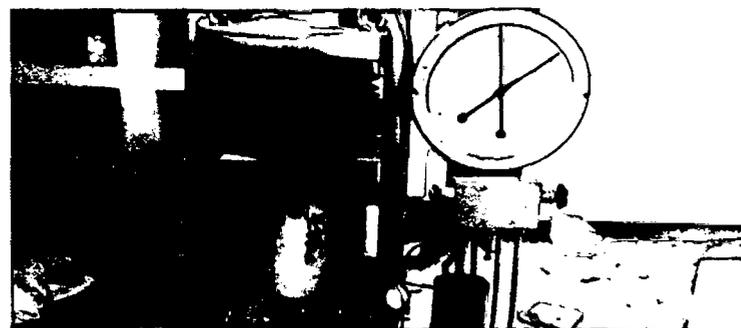
Fotografía N°25: Muestras cilíndricas de concreto hecho al pie de obra, a ser colocadas en un lugar de curado después de 24h de su elaboración.



Fotografía N°26: Curado de especímenes cilíndricos obtenidos en los muestreos para ensayarlos a compresión a los 28 días



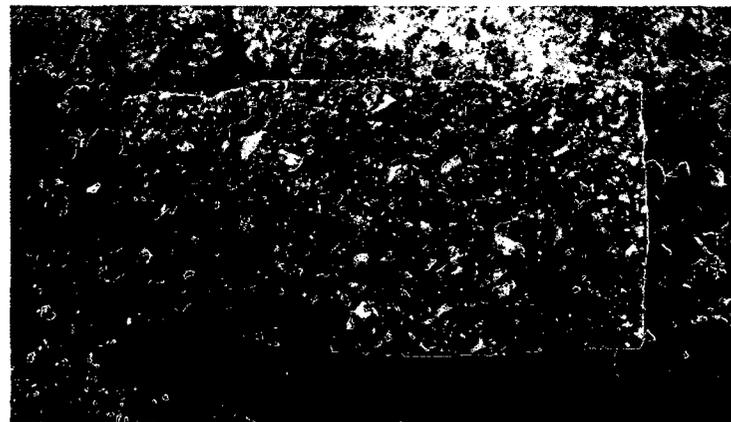
Fotografías N°27, 28, 29: Algunos de todos los especímenes cilíndricos de concreto hecho al pie de obra, edad 28 días, antes determinar su resistencia.



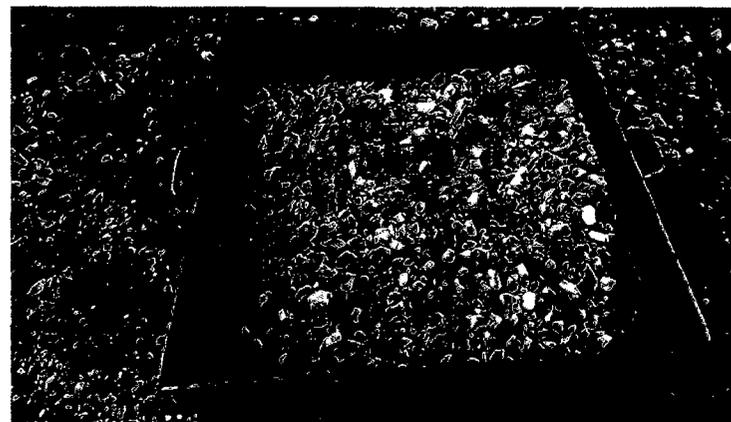
Fotografías N°30, 31, 32: Algunos de los ensayos a compresión realizados de las muestras de concreto hecho al pie de obra.



Fotografías N°33, 34, 35: Algunos de los especímenes cilíndricos después de haber sido ensayados a compresión uniaxial.



Fotografías N°36: Estructura interna del concreto hecho al pie de obra con agregado global, evidentemente concreto pobre y de mala calidad.



Fotografía N°37: Muestra de agregado global de la "Cantera El Gavilán Cajamarca", de uso frecuente en la elaboración del concreto hecho al pie de obra.



Fotografías N°38, 39: Análisis granulométrico de una muestra de agregado global de la "Cantera el Gavilán Cajamarca".

EVALUACIÓN DEL CONCRETO PREMEZCLADO LLEGADO A OBRA, EN CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA



Fotografía N°40: Realizando el seguimiento del concreto premezclado llegado a obra para muestrear y elaborar especímenes y poder evaluar su resistencia.



Fotografía N°41: Se observa la instalación del sistema de bombeo para colocar el concreto premezclado en losa aligerada de vivienda unifamiliar.



Fotografía N°42: Preparando equipo para realizar obtener las muestras de concreto premezclado.



Fotografía N°43: Realizando la prueba del slump del concreto premezclado llegado a obra.



Fotografía N°44: Medición del asentamiento del concreto premezclado llegado a obra en uno de los días de muestreo.



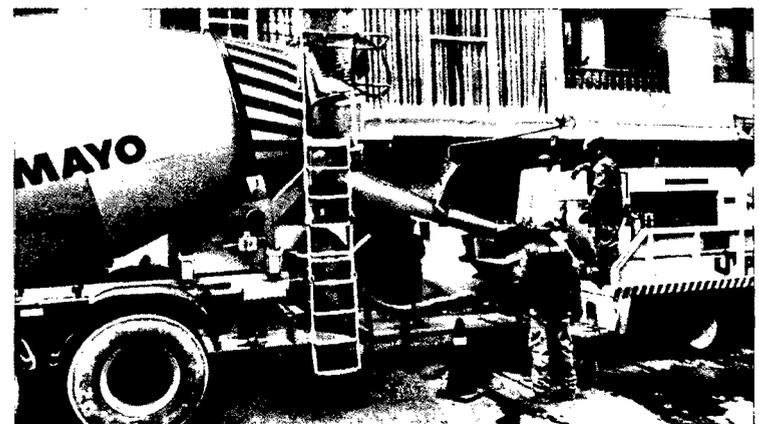
Fotografía N°45: Elaborando los especímenes cilíndricos de concreto premezclado, para evaluar su resistencia a compresión.



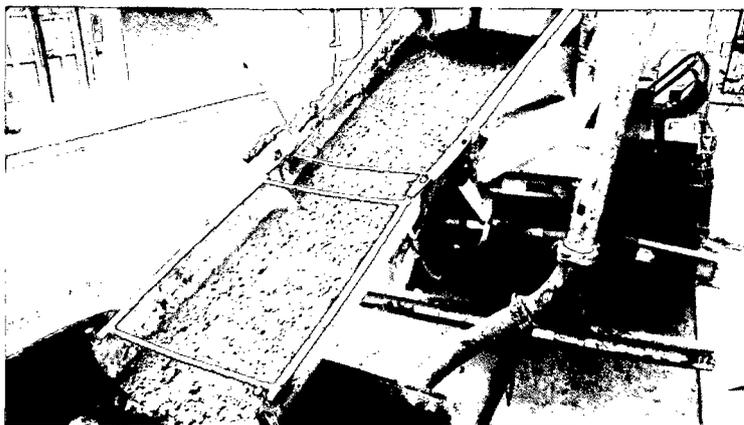
Fotografía N°46: Protección de los especímenes cilíndricos de concreto premezclado hasta que termine el su proceso de fraguado, para desmoldarlos después de 24h.



Fotografía N°47: Losa aligerada terminada en poco más de 2 horas, el proceso de colocación del concreto es rápido, los trabajos de acabado son los que tardan un poco.



Fotografía N°48: Se observa la instalación del sistema de bombeo para colocar concreto en losa aligerada de vivienda unifamiliar.



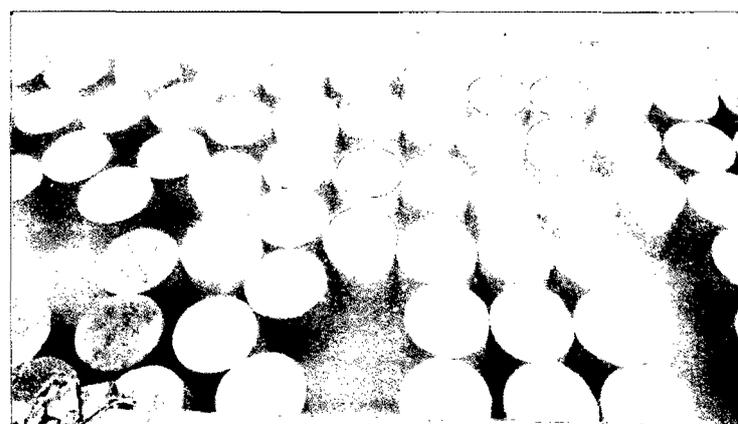
Fotografía N°49: Se evidencia que la mezcla de concreto premezclado no presenta efectos de segregación, el concreto en estado fresco es satisfactoria.



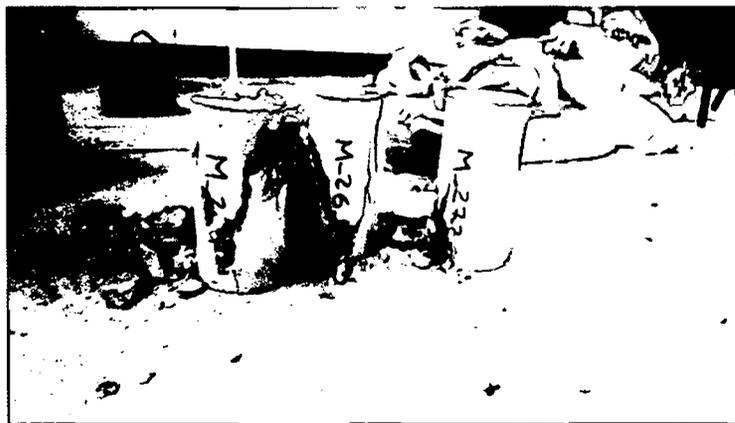
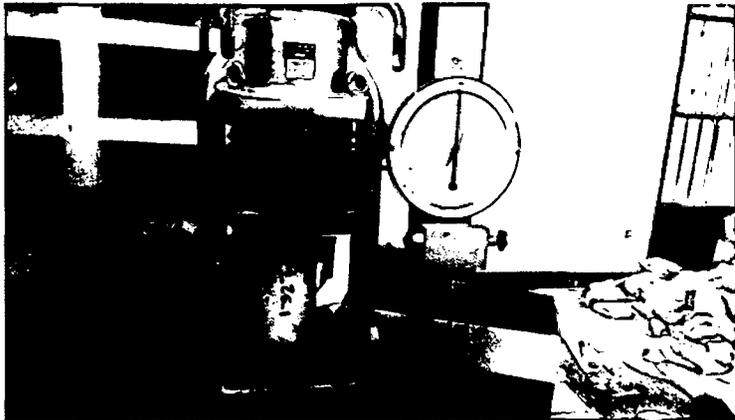
Fotografía N°50: Control de calidad por parte de DINO, al costado izquierdo preparando moldes para obtener muestras para el estudio.



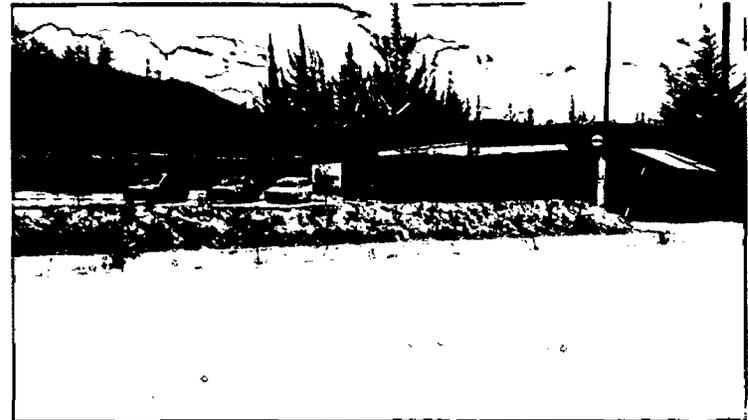
Fotografía N°51: Proceso de colocación del concreto premezclado en losa aligerada. El personal necesario es mínimo (03).



Fotografía N°52: Curado de especímenes cilíndricos de concreto premezclado obtenidos en los muestreos para ensayarlos a compresión a los 28 días.



Fotografías N°53, 54: Ensayo a compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto premezclado cuando al completar la edad de 28 días.



Fotografías N°55, 56: Vista la planta productora de concreto premezclado de Cementos Pacasmayo – DINO – Cajamarca, para investigar sobre el tipo y calidad de materiales, además sobre el proceso de elaboración del concreto premezclado, factores influyentes en la resistencia.



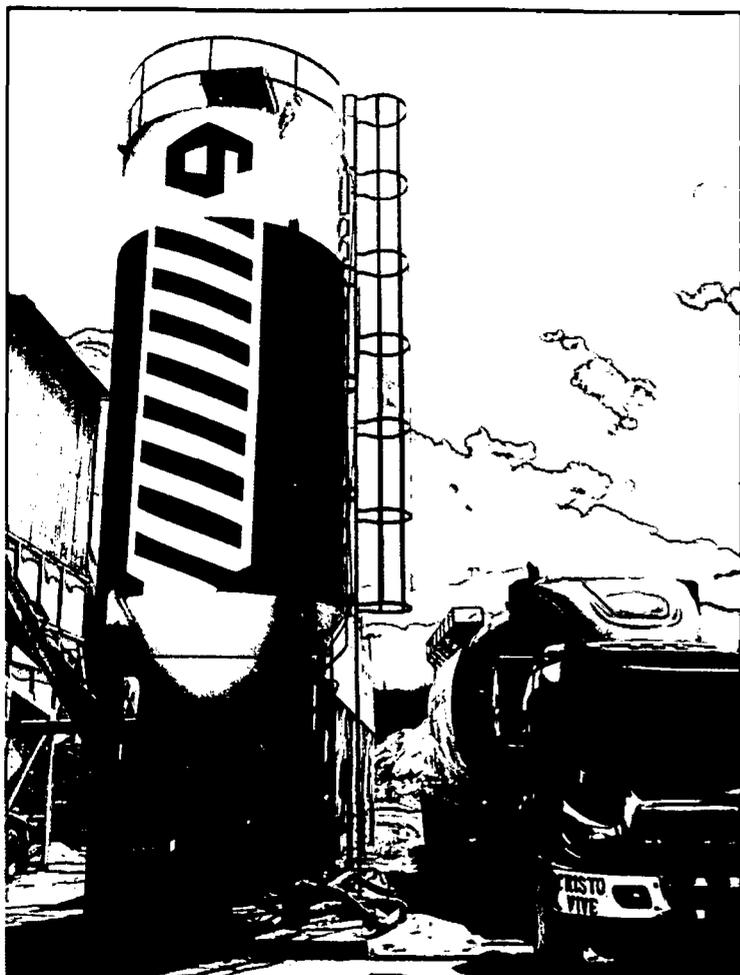
Fotografías N°57: Material pétreo de cantera de río, "Cantera Rumicucho" – Llacanora, Cajamarca. Materia prima para obtener agregado fino y grueso en chancadora.



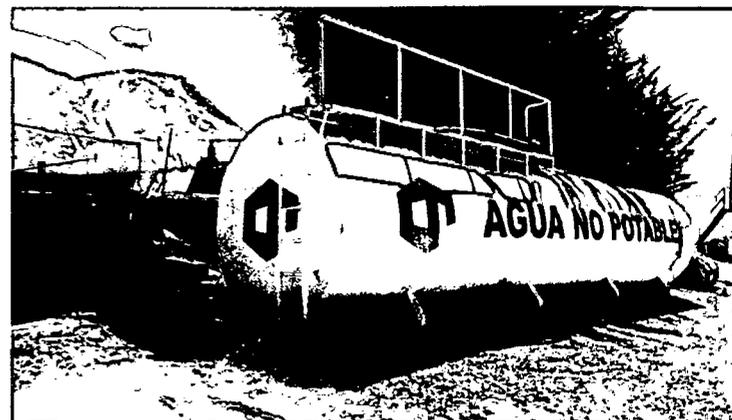
Fotografía N°58: Piedra chancada obtenida en chancadora propia de la planta productora de concreto premezclado DINO.



Fotografía N°59: Arena gruesa obtenida de materia prima de río utilizada para la elaboración de concreto premezclado.



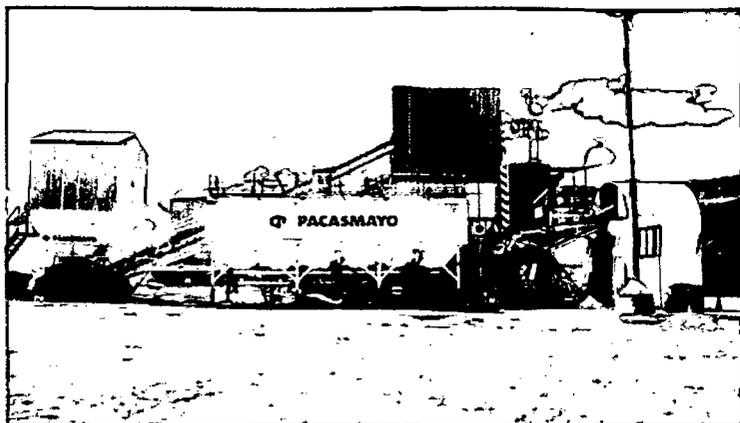
Fotografía N°60: Cemento depositado en silos, el material es aislado de la humedad.



Fotografía N°61: Tanque cisterna para almacenamiento del agua para el concreto premezclado.



Fotografía N°62: Aditivo Sikament 290N, utilizado en elaboración de concreto premezclado normal.



Fotografía N°63: Planta dosificadora, en donde se elabora el concreto premezclado evaluado.



Fotografía N°64: Caseta de dosificación, controla la cantidad de materiales en función al tipo de concreto solicitado.



Fotografía N°65: Camión mezclador y transportador del concreto premezclado a obra.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE
MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que el bachiller en Ingeniería Civil: **Guevara Díaz Denis Dilber** con DNI N° 45048253, ex alumno de la facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha registrado su asistencia en este laboratorio desde los periodos de: Agosto del 2014 – Diciembre del 2014, desarrollando los ensayos de materiales y rotura de especímenes de concreto, correspondientes a la tesis profesional denominada: **“RESISTENCIA Y COSTO DEL CONCRETO PREMEZCLADO Y DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA, EN FUNCIÓN AL VOLUMEN DE VACIADO”**, cuyos resultados obran en este laboratorio.

Se expide el presente, a la solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.




Ing. Miguel Mosqueira M.

Cajamarca diciembre del 2014.