



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Poma Céspedes, Iván (ORCID: [0000-0002-7100-5672](https://orcid.org/0000-0002-7100-5672))

**ASESOR:**

M.Sc. Ing. Luis Humberto Diaz Huiza (ORCID: [0000-0003-1841-9507](https://orcid.org/0000-0003-1841-9507))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

*La investigación lo dedico principalmente a Dios por darnos la vida y guiarnos en el camino correcto a fin de estudiar y desarrollarnos académicamente en esta emocionante carrera de ingeniería civil, así como también a Julia mi madre por su apoyo y amor de igual forma que a Diana y Gerardo.*

*Al M.Sc. Ing. Luis Humberto Diaz Huiza por darnos su apoyo en el desarrollo de nuestro trabajo, su guía y recomendaciones los cuales resultaron muy importantes. Y a todos los amigos que nos brindaron ánimos para nuestro trabajo.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecer a Dios por guiarme y darme fuerzas para culminar este trabajo.*

*Al M.Sc. Ing. Luis Humberto Díaz Huiza por darme su apoyo en el desarrollo del tema, por su guía oportuna y sus importantes recomendaciones. Igualmente, a nuestros amigos y compañeros que nos dieron su apoyo.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III.METODOLOGÍA .....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2. Variables y operacionalización .....	18
3.3. Población, muestra y muestreo .....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
3.5. Procedimientos .....	23
3.6. Método de análisis de datos.....	28
3.7. Aspectos éticos.....	30
IV. RESULTADOS.....	31
V. DISCUSIÓN.....	79
VI CONCLUSIONES.....	81
VII RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS.....	83
ANEXOS.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes de variación del ensayo Pull-out de investigadores .....	9
Tabla 2. Propiedades de las fibras de polipropileno y fibra de carbono .....	11
Tabla 3. Diseños de Mezcla de los 6 grupos de probetas elaboradas .....	11
Tabla 4. Correlaciones entre fuerza de extracción y resistencia a rotura para concreto con fibra de polipropileno.....	12
Tabla 5. Correlaciones entre fuerza de extracción y resistencia a rotura para concreto con fibra de carbono.....	12
Tabla 6. Correlaciones entre fuerza de extracción y resistencia a rotura para concreto con fibra de polipropileno y carbono combinadas.....	12
Tabla 7. Influencia de la Relación a/c en la $f'c$ del concreto.....	15
Tabla 8. Matriz de Operacionalización de variables.....	18
Tabla 9. Ensayos de Rotura según sus edades.....	20
Tabla 10. Ensayos de Pull-Out según sus edades. ....	21
Tabla 11 Ensayos que se realizaran a los agregados .....	23
Tabla 12. Control de la calidad de los resultados de resistencia .....	28
Tabla 13. <i>Cálculos del control de la calidad</i> .....	28
Tabla 14. Granulometría agregado fino.....	31
Tabla 15. Peso Unitario Suelto A.F.....	33
Tabla 16 Peso Unitario Compactado del A.F.....	33
Tabla 17. Peso Específico A.F.....	35

Tabla 18. Absorción A.F .....	35
Tabla 19. Contenido de Humedad A.F.....	36
Tabla 20. Granulometría agregado grueso .....	37
Tabla 21. Peso Unitario Suelto A.G .....	38
Tabla 22. Peso Unitario Compactado del A.G .....	39
Tabla 23. Peso Específico y Absorción A.G.....	40
Tabla 24. Contenido de Humedad A.G.....	41
Tabla 25. Propiedades físicas y químicas del cemento.....	41
Tabla 26. Propiedades físicas del Agregado Grueso y Fino.....	42
Tabla 27. Relación de consistencia a obtener según el asentamiento.....	44
Tabla 28. Relaciones de la resistencia a compresión vs relación agua cemento..	44
Tabla 29. Propiedades físicas del Agregado Grueso y Fino.....	45
Tabla 30. Contenido de aire atrapado.....	45
Tabla 31. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....	46
Tabla 32. Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F.....	48
Tabla 33. Presentación del diseño en estado seco.....	48
Tabla 34. Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.40.....	39
Tabla 35. Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F .....	50
Tabla 36. Presentación del diseño en estado seco.....	51
Tabla 37. Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.50.....	51
Tabla 38. Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F.....	53

Tabla 39. Presentación del diseño en estado seco.....	53
Tabla 40. Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.60.....	54
Tabla 41. Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F .....	55
Tabla 42. Presentación del diseño en estado seco.....	56
Tabla 43. Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.70.....	56
Tabla 44. Ensayo a compresión a 7 días de probetas cilíndricas.....	57
Tabla 45. Ensayo a compresión a 14 días de probetas cilíndricas.. ..	57
Tabla 46. Ensayo a compresión a 28 días de probetas cilíndricas.. ..	58
Tabla 47. Fuerzas de extracción de insertos embebidos en probetas a los 7 días .....	59
Tabla 48. Fuerzas de extracción de insertos embebidos en probetas a los 14 días .....	60
Tabla 49. Fuerzas de extracción de insertos embebidos en probetas a los 28 días .....	61
Tabla 50. Verificación de la calidad del concreto según norma.....	62
Tabla 51. Coeficientes de variación menores a 1.2, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de excelentes .....	63
Tabla 52. Coeficientes de variación igual o menores a 5.9, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de excelentes .....	64
Tabla 53. Coeficientes de variación igual o menores a 4.20, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de buenos.....	64

Tabla 54. Coeficientes de variación igual o menores a 2.79, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de excelentes .....	65
Tabla 55. Coeficientes de variación igual o menores a 3.59, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de muy buenos .....	65
Tabla 56. Coeficientes de variación iguales o menores a 5.08, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de aceptables .....	66
Tabla 57. Coeficientes de variación iguales o menores a 4.86, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de buenos .....	66
Tabla 58. Coeficientes de variación iguales o menores a 4.85, por lo que según la tabla 49. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de buenos. ....	67
Tabla 59. Cálculos de verificación de error en la función lineal .....	69
Tabla 60. Cálculos de verificación de error en la función potencial.....	69
Tabla 61. Cálculos de verificación de error en la función polinómica de grado 2.....	70
Tabla 62. Modelos de regresión y sus respectivos indicadores de variación.....	70
Tabla 63. Pruebas de Normalidad de las resistencias a rotura de los cilindros de concreto, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.....	71
Tabla 64. Evaluación de Normalidad de las resistencias a rotura de los cilindros de concreto, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.....	72
Tabla 65. Pruebas de Normalidad para las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.....	72

Tabla 66. Evaluación de Normalidad de las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.....	73
Tabla 67. Evaluación de homogeneidad de varianzas de las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Levine, calculado en SPSS.....	74
Tabla 68. Prueba ANOVA de las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Levine, calculado en SPSS.....	75
Tabla 69. Prueba T student de muestras emparejadas, calculado en SPSS.....	77
Tabla 70. Interpretación de Pearson para los coeficientes de correlación.....	78
Tabla 71. Matriz de consistencia.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Influencia del tiempo de fraguado en condiciones distintas de humedad en el incremento de la resistencia a compresión del concreto .....	2
Figura 2 Inserto propuesto por Kierkegaard-Hansen .....	6
Figura 3. Mecanismo de ruptura del ensayo Pull-out.....	7
Figura 4. Mecanismo de ruptura del ensayo Pull-out. ....	8
Figura 5. Muestras elaboradas con relación a/c: 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 en condición de curado .....	21
Figura 6. a) Inserto preinstalado, b) molde para probetas cubicas para ensayos Pull-out. ....	24
Figura 7. Probeta recién vaciada con concreto para el Pull-out test .....	24
Figura 8. a) Prueba de rotura b) Falla en probeta .....	25
Figura 9. Sistema de extracción.....	25
Figura 10. Trozo de concreto obtenido del ensayo de extracción Pull-Out .....	26
Figura 11. Correlación obtenida de la resistencia de rotura de las probetas y fuerzas del método pull-out al concreto a diferentes edades y relaciones a/c.....	26
Figura 12. Diagrama de flujo general de la investigación .....	27
Figura 13. Ejemplos de modelos regresionales.....	29
Figura 14. Curva de correlación de mejor ajuste entre las fuerzas de extracción y esfuerzos de la rotura. ....	30
Figura 15. Curva granulométrica del agregado fino.....	32
Figura 16. Curva granulométrica del agregado grueso.....	37

Figura 17. Curva que relaciona $f'c$ sin aire incorporado a los 28 días a partir de la relación $a/c$ , elaborado a partir del cuadro referido del ACI 211.....	42
Figura 18. Regresión de forma lineal para la correlación entre fuerzas de extracción y esfuerzos de rotura de probetas.....	67
Figura 19. Regresión de forma potencial para la correlación entre fuerzas de extracción y esfuerzos de rotura de probetas.....	68
Figura 20. Regresión de forma polinómica para la correlación entre fuerzas de extracción y esfuerzos de rotura de probetas.....	68
Figura 21: Formato de ensayo Pull-Out test.....	90
Figura 22: Formato de ensayo de Rotura.....	91
Figura 23: Formato de opinión de expertos de validación de instrumentos .....	92
Figura 24: Formato de juicio de experto 1.....	93
Figura 25: Formato de juicio de experto 2.....	94
Figura 26: Formato de juicio de experto 3.....	95
Figura 27: Certificado de calibración de la balanza de 500 g.....	96
Figura 28: Certificado de calibración de la Balanza de 30000 g.....	97
Figura 29: Certificado de calibración de la Mufla.....	98
Figura 30: Certificado de calidad INACAL.....	99
Figura 31: Certificado de ensayo de granulometría del agregado fino.....	100
Figura 32: Peso unitario del agregado fino.....	101
Figura 33: Certificado de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.....	102
Figura 34: Certificado de ensayo de análisis granulométrico agregado grueso..	103
Figura 35: Peso unitario del agregado grueso.....	104
Figura 36: Certificado de ensayo de gravedad específica de sólidos.....	105

Figura 37: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.40.....	106
Figura 38: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.50.....	107
Figura 39: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.60.....	108
Figura 40: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.70.....	109
Figura 41: Certificado de calibración de maquina universal para ensayo a compresión de 150 tnf.....	110
Figura 42: Certificado de calibración por el método de comparación directa.....	111
Figura 43: Certificado de calibración de celda de carga de 5000 kgf.....	112
Figura 44: Certificado de calibración por el método de comparación directa.....	113
Figura 45: Certificado de calibración de instrumento de extracción Pull-Out tester.....	114
Figura 46: Certificado de calibración por el método de comparación directa.....	115
Figura 47: Certificado de ensayo de rotura a 7 días de curado.....	116
Figura 48: Certificado de ensayo de rotura a 14 días de curado.....	117
Figura 49: Certificado de ensayo de rotura a 28 días de curado.....	118
Figura 50. Rotura a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.40.....	119
Figura 51. Rotura a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	120
Figura 52. Rotura a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	121
Figura 53. Rotura a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	122
Figura 54. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.40.....	123
Figura 55. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.40.....	124
Figura 56. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	125
Figura 57. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	126
Figura 58. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	127

Figura 59. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	128
Figura 60. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	129
Figura 61. Extracción a los 7 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	130
Figura 62. Rotura a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.40.....	131
Figura 63. Rotura a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	132
Figura 64. Rotura a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	133
Figura 65. Rotura a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	134
Figura 66. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.40 .....	135
Figura 67. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.40 .....	136
Figura 68. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	137
Figura 69. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	138
Figura 70. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	139
Figura 71. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	140
Figura 72. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	141
Figura 73. Extracción a los 14 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	142
Figura 74. Rotura a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.40.....	143
Figura 75. Rotura a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.50. ....	144
Figura 76. Rotura a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	145
Figura 77. Rotura a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	146
Figura 78. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.40.....	147
Figura 79. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.40.....	148

Figura 80. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	149
Figura 81. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.50.....	150
Figura 82. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	151
Figura 83. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.60.....	152
Figura 84. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	153
Figura 85. Extracción a los 28 días de edad del concreto con r: a/c 0.70.....	154
Figura 86. Calibración del instrumento de extracción Pull-Out tester. ....	155
Figura 87. Llenado de probetas cubicas.....	156
Figura 88. Llenado de probetas cilíndricas.....	156
Figura 89. Curado de probetas a 7, 14 y 28 días.....	156
Figura 90. Equipo Pull-Out tester con el cilindro de extracción conectado a inserto embebido en probeta cubica.....	157
Figura 91. Equipo Pull-Out tester con el cilindro de extracción conectado en la probeta cubica.....	157
Figura 92. Prensa hidráulica para rotura de probetas de concreto.....	158
Figura 93. Probetas cilíndricas de relación a/c: 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 curadas 28 días y ensayadas a rotura.....	158

## RESUMEN

Esta investigación fue realizada con el objetivo de determinar el nivel de correlación existente entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto. Se usó una metodología pre-experimental de tipo cuantitativa para lo cual se elaboraron probetas en dos formatos los cuales se ensayaron por el método Pull-Out y Rotura a compresión. El concreto de las probetas se diseñaron con relaciones agua/cemento de 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 y fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días registrando esfuerzos y fuerzas resistidas por el concreto con los ensayos correspondientes. Con estos datos se realizaron curvas de correlación del tipo lineal, potencial y polinómica de segundo grado. La correlación lineal presentó el valor  $R^2=0.9296$  y media de error relativa de 7.9%, la correlación potencial presentó el valor  $R^2 =0.9993$  y media de error relativa de 7.2% y la correlación polinómica de segundo grado presentó el valor  $R^2=0.9499$  y media de error relativa de 8.0%. Concluyendo que si existe correlación entre los resultados de los esfuerzos del ensayo de rotura y las fuerzas de extracción del método Pull-Out y que la correlación potencial resulto ser el modelo matemático de mejor representatividad.

**Palabras clave:** Pull-Out, compresión, concreto, correlación, regresión.

## ABSTRACT

This research was carried out with the objective of determining the level of correlation between the results of the Pull-Out test and the breaking test to determine the compressive strength of concrete. A quantitative pre-experimental methodology was used, for which specimens were made in two formats, which were tested by the Pull-Out and Compression Break method. The concrete of the specimens were designed with water / cement ratios of 0.40, 0.50, 0.60 and 0.70 and were tested at 7, 14 and 28 days, recording stresses and forces resisted by the concrete with the corresponding tests. With these data, correlation curves of the linear, potential and second degree polynomial type were made. The linear correlation presented the value  $R^2 = 0.9296$  and the mean relative error of 7.9%, the potential correlation presented the value  $R^2 = 0.9993$  and the mean relative error of 7.2%, and the second degree polynomial correlation presented the value  $R^2 = 0.9499$  and mean relative error of 8.0%. Concluding that there is a correlation between the results of the stresses of the breaking test and the extraction forces of the Pull-Out method and that the potential correlation turned out to be the most representative mathematical model.

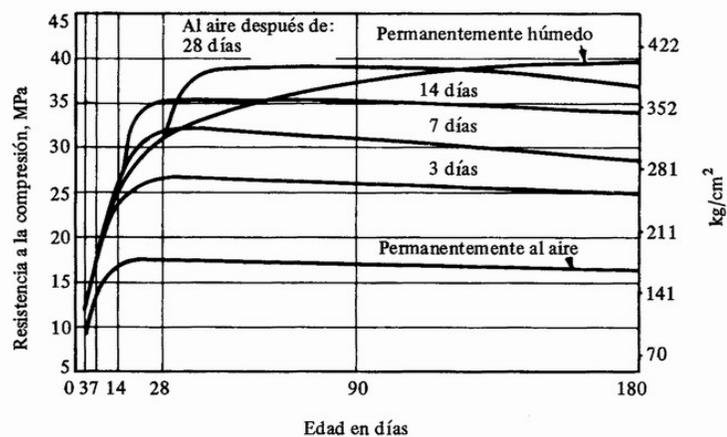
**Keywords:** Pull-Out, compression, concrete, correlation, regression.

## I. INTRODUCCIÓN

El concreto es un material fundamental para nuestra sociedad por ser predominante en la construcción de escuelas, hospitales, centros comerciales, áreas industriales, entre otros, los cuales brindan las condiciones y posibilitan el desarrollo económico (Sachs, 2005, p226). Su uso se ha popularizado debido a su trabajabilidad en estado fresco, durabilidad, bajo costo y junto con estas su capacidad de resistencia a compresión.

Así pues, la resistencia a compresión suele ser usada como indicativo de la calidad del concreto y a fin de verificarla se suele realizar el ensayo de rotura. Para realizar este ensayo se elaboran probetas cilíndricas con el concreto usado en obra, los cuales son llevados al laboratorio para ser curados y sometidos a rotura mediante la prensa universal, se registran las resistencias a rotura y se verifica si cumple con la resistencia requerida. (Ottazzi, 2016, p29).

Sin embargo, existen situaciones que pueden reducir la calidad del concreto como la utilización de materiales incorrectos, mano de obra no calificada, incorrecta dosificación durante su elaboración y colocado, así como curado deficiente. De no controlar estos factores durante la fabricación del concreto, podría hacer cuestionable la representatividad de las resistencias obtenidas a partir las probetas estándar en correspondencia a la resistencia real del concreto colocado en obra.



**Figura 1.** Influencia del tiempo de fraguado en condiciones distintas de humedad en el incremento de la resistencia a compresión del concreto

Es por ello que hay investigaciones que se enfocan en encontrar métodos alternativos de verificación de la calidad del concreto para estimar la resistencia a compresión sobre la misma estructura. El método más conocido es el de extracción de diamantinas de concreto cilíndricas de la misma estructura, la cual luego es sometido a rotura para conocer la resistencia del concreto. Este método es llamado destructivo puesto que requiere la disminución de la sección del elemento estructural al extraerse un cilindro de 4"x8".

También están los métodos llamados no destructivos entre los cuales están el método de ultrasonido, resistencia a la penetración, uso del esclerómetro. Sin bien el nivel de afectación sobre el concreto durante su práctica es casi nulo, a diferencia del método de extracción de diamantinas, la gran desventaja es que tienen un rango de error muy alto, según experiencias alrededor del 20% a más. Por lo tanto, solo son consideradas usarlas en condiciones muy particulares.

También han aparecido los métodos semi destructivos como el método Pull-Out, cuya traducción sería método de extracción, presenta un error medio notablemente inferior a otros ensayos semi destructivos o no destructivos, se ha verificado en promedio 8%. Esto ha generado gran aceptación en el sector de la construcción de países como Dinamarca, Canadá, EE.UU., China y otros, en los que se ha hecho común su aplicación. Por ello, a continuación, se tratarán algunas consideraciones necesarias para entender este método (Martínez 2018, p26).

Este ensayo realiza una estimación de la resistencia a compresión del concreto (esfuerzo) mediante una función que correlaciona fuerza – esfuerzo, cuyos datos provienen de los resultantes de ensayos a compresión y extracción realizados a la misma mezcla de concreto endurecida. La primera variable proviene de la fuerza requerida para extraer un pequeño trozo de concreto con un equipo de extracción, la segunda variable relacionada proviene de la resistencia de rotura a compresión. Con los resultados de laboratorio se obtiene una nube datos con los que se generan funciones representativas de correlación.

En campo se podrá estimar rápidamente la resistencia del concreto de la misma estructura, al realizar el ensayo pull out y relacionar los resultados con la función de correlación generada previamente en el laboratorio. Este método puede ser usado para controles de calidad, así como la toma de decisiones para la pronta aplicación de cargas al poder realizar los desencofrados prontamente y de forma segura.

En nuestro país este ensayo aún no está normado, sin embargo, por las ventajas que tiene comparado con otros métodos, el poder ser realizado en el lugar, la aceptable aproximación y el rápido diagnóstico, son varios motivos para considerar la realización de la presente investigación y así generar antecedentes locales para en un futuro popularizar esta rápida y practica forma de verificar de la calidad del concreto en el lugar.

### **Formulación del problema**

Por lo expuesto, es oportuno la siguiente pregunta como **Problema General** ¿Existe un nivel de correlación aceptable entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto?, así también se plantean los siguientes tres problemas específicos, ¿Influye las variaciones de relación a/c de la mezcla en las fuerzas de extracción del Pull-Out test? ¿Existe correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura? ¿Qué nivel de correlación existe entre los resultados de los ensayos Pull-Out test y ensayo de Rotura?

El **Objetivo general** de esta investigación es Determinar el nivel de correlación existente entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto. También se formularon tres objetivos específicos, el primero, Determinar si las variaciones de relación a/c de la mezcla influye en las fuerzas de extracción del Pull-Out test, el segundo, Determinar si existe correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura y el tercer objetivo, Determinar el nivel de correlación existente entre los resultados de los ensayos Pull-Out y de Rotura.

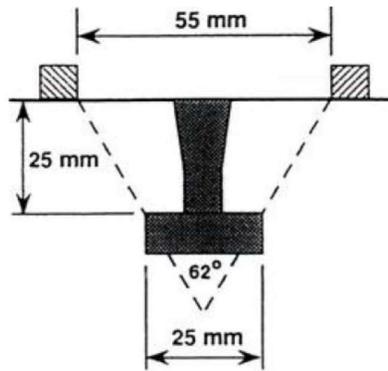
La **hipótesis general** planteada es existe una correlación fuerte entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto. También se formularon hipótesis específicas, la primera, Las variaciones de relación a/c de la mezcla influyen en las fuerzas de extracción del Pull-Out test, la segunda, Existe correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura, existe un nivel de correlación fuerte entre los resultados de los ensayos Pull-Out test y ensayo de Rotura.

## II. MARCO TEÓRICO

Investigaciones realizadas en China por ZHENG, Yuanxun y otros (2020), indican que la propiedad más importante que ha de verificarse para asegurar la calidad del concreto es la resistencia, por lo cual revisaron las metodologías usadas para esta medición. Mencionan también que los métodos no destructivos no están directamente relacionados con la resistencia del concreto, pero si pueden usarse para reflejar indirectamente la resistencia del concreto. Indican que el método más confiable es la extracción de núcleos, aunque tiene el inconveniente de considerarse un método destructivo por lo que ha de usarse con el criterio de seguridad necesario porque su práctica debilita la estructura.

También tenemos los métodos semidestructivos como el método Pull-Out o de extracción, cuyos registros más antiguos indican que probablemente la idea se originó en la Unión Soviética, en el año 1930. En aquella ocasión enterraron unas barras de acero en el concreto, las que después de arrancarlas del concreto endurecido solo extrajeron dichas barras, con lo cual encontraron que el motivo de la falla de la prueba estaba en la falta de unión entre el acero y el concreto. Posteriormente los ingenieros Soviéticos Volf y Gershberg realizaron mejoras en los anclajes utilizando anclajes esféricos tras lo cual lograron obtener al término de los ensayos fracturas cónicas en el concreto.

Se realizaron experimentos en Estados Unidos con concretos a diferentes edades, proporciones de agua/cemento y diferentes agregados gruesos. Tras estos experimentos se obtuvieron regresiones que correlacionaban la fuerza de extracción con la resistencia a compresión del concreto, los cuales brindaron mejoras en cuanto al alcance y establecimiento de relaciones. Luego surgió la idea de estandarizar este método por lo que, Kierkegaard-Hansen realizó experimentos tras lo cual determinó que las dimensiones más apropiadas para el ensayo era el uso de un anillo de contra fuerza exterior de un diámetro de 55mm, un anclaje en la barra de acero constituido por un disco de 25mm de diámetro y enterrada en el concreto a una profundidad de 25mm (ver figura 2).



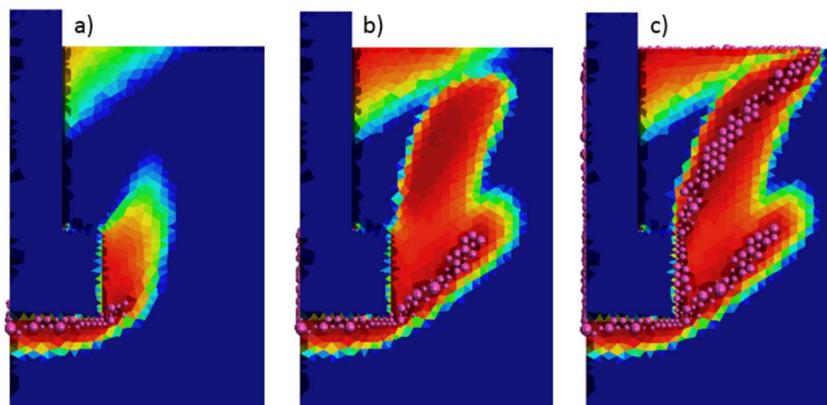
**Figura 2.** Inserto propuesto por Kierkegaard-Hansen

Posteriormente se realizaron aportes a la metodología del ensayo. La prueba realizada con el inserto pre instalada fue denominada como la prueba Lok, también surgió una metodología para ensayar el concreto con insertos post instalados, es decir la inserción del inserto después del endurecimiento del concreto, a esta prueba se le denominó la prueba Capo, producida por el danés German Aps. También en China se desarrollaron investigaciones sobre el reemplazo del anillo de contrafuerza por un soporte de tres puntos, el cual se ha utilizado ampliamente en la inspección de la calidad del concreto.

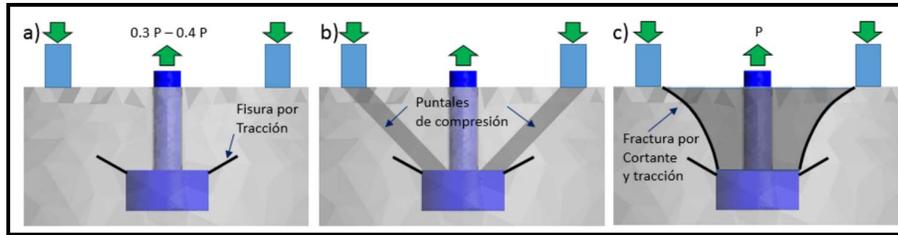
### **2.1 Antecedentes Internacionales**

VELÁSQUEZ, Juan (2018), en su tesis cuyo objetivo fue dar a conocer técnicas para verificar la resistencia del concreto en el lugar, como la prueba de extracción, prueba de penetración, velocidad de pulsos ultrasónicos, métodos esclerométricos. Explica que la falla cónica resultante en el concreto luego del ensayo, ocurre al estar sometido a tensión y cortante según experiencias recientes. Concluye calificando de excelente al método Pull-out para la revisión de la resistencia del concreto y agrega que por lo general la prueba Pull-Out es más precisa que el ensayo del martillo de Schmidt y de resistencia a la penetración puesto que involucra más volumen y profundidad de concreto. Finalmente menciona, que los métodos alternativos para comprobar de calidad del concreto están en continuo desarrollo y perfeccionamiento, en manos expertas resultan en herramientas útiles, pero en manos inexpertas conducen a resultados inexactos.

ZARATE et al (2019), en su artículo “Ensayos experimentales y numéricos de fractura en hormigón. En laboratorio Virtual” se pone el objetivo de usar la metodología numérica FEM-DEM que usando modelos matemáticos realizan experimentos computacionales que simulan el comportamiento de materiales al ser sometido a esfuerzos. Los resultados de su trabajo fueron mallas de elementos finitos mediante triángulos para simulaciones en 2D y tetraedros 3D, los cuales se le sometieron a una carga creciente en el tiempo. Se evaluaron los elementos para cada nivel de carga y cuando el nivel de daño alcanzó cada unidad finita estos se eliminaron y en los vértices se generaron elementos discretos esféricos. La distribución de los esfuerzos ocasionados durante el ensayo se observa comenzando por la figura 3 (a) la falla comienza en la parte baja del disco por encontrarse unido al concreto, en la figura 3 (b) se observa la detención de las fisuras por tracción y la aparición de puntales de compresión y en la figura 3 (c) finalmente se muestra como ocurre la fractura que produce la falla cónica del concreto. Concluyen que las simulaciones numéricas permiten advertir la sucesión de fallas ocurridas en el proceso que muchas veces es dificultoso con el método experimental. Es notable que los resultados de esta simulación numérica reflejan fielmente el comportamiento real del ensayo y las condiciones físicas resultantes.



**Figura 3.** Mecanismo de ruptura del ensayo Pull-out.



**Figura 4.** Mecanismo de ruptura del ensayo Pull-out.

LATTE, Bovio et al (2014), en su artículo científico “Una nueva técnica de extracción para la estimación en el lugar de la resistencia a la compresión del hormigón” cuyo objetivo fue presentar un nuevo tipo de anclaje de cuña postinstalado B15G split-sleeve y su aplicación como inserto para el ensayo Pull-Out test, además de realizar las curvas de calibraciones. Se realizaron experimentos en probetas simulando con la prensa estados de servicio con compresión y sin compresión simultáneamente al ensayo Pull-Out para tres tipos de concretos por el método Pull-Out. Estos resultados fueron usados para calcular las medias y presentar curvas de correlación comparativas entre ellas y con la curva de extracción del estándar europeo. Concluye que los nuevos insertos resultaron funcionar en la aplicación del ensayo Pull-Out, además de obtenerse datos con valores bajos de dispersión lo cual refleja bajo nivel de error. Así mismo, las curvas de calibración al acercarse a la forma potencial a diferencia del estándar europeo, la cual se presenta de forma lineal, mostraron que es necesario realizar calibraciones de la curva para casos particulares de servicio. Además, la dispersión estadística nunca supera el 8% en promedio.

MARTÍNEZ, José (2018), en estudio expuso acerca de los métodos semi-destructivos (extracción de núcleos de concreto y una variante del pull-out el método “Lok-test”), además de compararlos con el método de madurez. Expone las experiencias de investigadores y sus experiencias propias de correlación cuya función obtenida presento un valor de correlación de  $R^2: 0.96$  lo que verifica que la prueba obtuvo una buena correlación. Respecto al método de madurez tras su experiencia noto que la temperatura afecto notablemente el desarrollo de resistencias del concreto, pues las muestras curadas a  $10^{\circ}\text{C}$  se ralentizaron, el grupo de curado a  $40^{\circ}\text{C}$  se aceleró, sin embargo, luego este se mantuvo constante

y sin incrementos mientras que las de temperatura baja mostraron incrementos posteriores por lo que la temperatura es un factor a considerar para dicho método. Concluye que ambos métodos son prometedores para la verificación de la calidad del concreto y han de ser usadas cada cual según las circunstancias particulares del concreto.

**Tabla 1. Coeficientes de variación del ensayo Pull-out de investigaciones.**

Autores	Angulo Aprox (°)	Profundidad de embebido (mm)	Tamaño		Tamaño de la muestra	Coeficiente de Variación (CV)	
			Máximo del Agregado	Tipo de agregado		Rango (%)	Promedio (%)
Malhotra &							
Carrete (1980)	67	53	19	Caliza	3	2.3-6.3	3.9
Malhotra (1975)	67	53	25	Grava de rio	2	0.9-14.3	5.3
Bickley (1982)	62	25	10	Desconocido	8	3.2-5.3	4.1
Khoo (1982)	70	25	20	Granito	6	1.9-11.8	6.9
Carrete &	67	53	19	Caliza	4	5.2-14.9	7.1
Malhotra (1984)	62	25	19	Caliza	10	5.2-14.9	8.8
Keiller (1982)	62	25	20	Caliza	6	7.3-31	14.8
	70	25	19	Grava de rio	11	4.6-14.4	10.2
Stone, Reeve &	70	25	19	Caliza	11	6.3-146	9.2
Carino (1986)	70	25	19	Agregado Ligero	11	1.4-8.2	6
	54	25	19	Grava de rio	11	4.3-15.9	10
Bocca (1984)	67	30	12	Grava	24	2.8-6.1	4.3

**Fuente: Martínez, 2018.**

AL-SABAH, Salam y ALAM SOURAV, Shah Nur y MCNALLY, Ciaran (2020), en su artículo “La prueba de extracción post-instalado: desarrollo de un método para evaluar la resistencia a la compresión del hormigón in situ” su objetivo es presentar el método de extracción post instalado para el ensayo Pull-Out test in situ. Tras experiencias propias plantean que las pruebas in situ suelen ser métodos indirectos para calcular la resistencia los mismos que pueden ser influenciados por factores no controlados. Concluye que estos factores son los que pueden generar controversias por lo cual deben la metodología ha de irse afinando y mejorando.

Finalmente recomienda el uso de tornillos comerciales de diferentes dimensiones en la aplicación del Pull-Out Test.

HERNÁNDEZ, Karla (2017), realizó un estudio que tuvo como objetivo establecer correlaciones confiables entre la resistencia a la compresión del concreto determinada por medio de la rotura de cilindros de 4", rotura de diamantinas de concreto de 2" y 3" y pruebas de extracción a cinco mezclas de concreto de 200, 250, 300, 400 y 500 kg/cm<sup>2</sup>. Dichos ensayos fueron realizados a las edades de 1, 7, 14, 28 y 56 días, a fin de obtener un amplio rango de resistencias para el estudio. Luego de realizar los ensayos concluyeron que la rotura de diamantinas de 3" es la que más se aproxima a la resistencia de las probetas estándar, mientras que las de 2" sus resistencias resultaron entre un 10% a 25% inferiores a estas. También menciona que por la rápida y sencilla ejecución del ensayo Pull-out, se percibe como una metodología fiable para reemplazar al comúnmente usado método de rotura.

MOCZKO, CARINO y PETERSEN (2016), en su artículo "CAPO-TEST para estimar la resistencia del hormigón en puentes", Cuyo objetivo fue evaluar si la carbonatación hallada en el concreto ejerce influencia en la resistencia a compresión de estructuras estimada mediante el método Pull-Out test. Para esta investigación se valieron de 15 puentes de entre 25 a 52 años de edad. Para cada puente se extrajeron núcleos, se realizó el ensayo Pull-Out test y se midieron las profundidades de carbonatación. Con los datos obtenidos se calcularon las medias y se compararon las diferencias los resultados de la correlación del fabricante del instrumento del Pull-Out y la resistencia medida de los núcleos verificando que solo había una diferencia de resultados de un 2.8% mayor en comparación con los núcleos. Además, no se encontró una correlación entre las profundidades de carbonatación y los datos obtenidos. Concluyen que la carbonatación no influye en las mediciones mediante el método Pull-Out por lo cual es recomendado para complementar a los núcleos extraídos y reducir la cantidad de muestras, además de dar resultados in-situ con los cuales puede tomarse decisiones en el acto.

DENG et al (2020), en su artículo "Curvas de resistencia revisadas del martillo de rebote y de la prueba de extracción para concreto reforzado con fibra" buscaron

encontrar la correlación que representa mejor la correlación entre resistencia del concreto y los resultados que el Pull-Out test así como con los resultados del Martillo de rebote. Para lo cual prepararon seis diseños de mezcla a los cuales denominaron C25, C30, C35, C40, C45 y C50 con niveles bajos de agua por lo cual incluyeron superplastificante en la mezcla para lograr mantener la trabajabilidad del concreto (ver tabla 3). adicionándole también fibra de carbono, fibra de polipropileno y fibra de carbono-propileno (ver tabla 2). En total se prepararon 468 probetas las cuales se curaron por 28 días, tras lo cual se ensayaron a compresión, por el martillo de rebote y Pull-out post instalado.

**Tabla 2.** Propiedades de las fibras de polipropileno y fibra de carbono.

Fiber property	Polypropylene fiber	Carbon fiber
Length (mm)	9	10
Diameter (mm)	0.031	0.008
Tensile strength (MPa)	300	3500
Modulus of elasticity (GPa)	4	240

**Fuente:** Deng et al (2020)

**Tabla 3.** Diseños de Mezcla de los 6 grupos de probetas elaboradas.

Group	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	Sand (kg/m <sup>3</sup> )	Water (kg/m <sup>3</sup> )	Stone (kg/m <sup>3</sup> )	Superplasticizer (kg/m <sup>3</sup> )
C25	314	728	174	1188	0.784
C30	357	677	174	1203	0.891
C35	400	627	174	1216	0.999
C40	443	578	174	1228	1.107
C45	486	548	174	1221	1.214
C50	529	520	174	1213	1.322

**Fuente:** Deng et al (2020)

Luego de realizar los ensayos se realizaron las correlaciones mediante tres tipos de funciones que según sus investigaciones son las más usadas, la función lineal, exponencial y potencia. Llegan a la conclusión que el modelado lineal es el de mejor representatividad para las pruebas Pull-Out post instaladas además que este es más preciso que la prueba del martillo de rebote.

**Tabla 4.** Correlaciones entre fuerza de extracción y resistencia a rotura para concreto con fibra de polipropileno.

Regression models	Equations	R	$\delta$ (%)	$e_r$ (%)	$C_v$ (%)
Linear	$f_{cu}^c = 2.2535F - 3.821$	0.9688	4.06	4.85	4.67
Exponential	$f_{cu}^c = 12.907e^{(0.0572F)}$	0.9640	4.30	5.18	5.06
Power	$f_{cu}^c = 1.4947F^{1.1067}$	0.9681	4.10	4.86	4.69

**Fuente:** Deng et al (2020)

**Tabla 5.** Correlaciones entre fuerza de extracción y resistencia a rotura para concreto con fibra de carbono.

Regression models	Equations	R	$\delta$ (%)	$e_r$ (%)	$C_v$ (%)
Linear	$f_{cu}^c = 2.1089F - 3.3377$	0.9739	3.18	4.25	4.04
Exponential	$f_{cu}^c = 13.761e^{(0.0512F)}$	0.9698	3.45	4.42	4.30
Power	$f_{cu}^c = 1.059F^{1.0835}$	0.9721	3.19	4.25	4.04

**Fuente:** Deng et al (2020)

**Tabla 6.** Correlaciones entre fuerza de extracción y resistencia a rotura para concreto con fibra de polipropileno y carbono combinadas.

Regression models	Equations	R	$\delta$ (%)	$e_r$ (%)	$C_v$ (%)
Linear	$f_{cu}^c = 2.1189F - 4.7076$	0.9768	3.07	3.99	3.79
Exponential	$f_{cu}^c = 13.526e^{(0.0507F)}$	0.9723	3.47	4.25	4.15
Power	$f_{cu}^c = 1.318F^{1.1184}$	0.9754	3.10	4.00	3.80

**Fuente:** Deng et al (2020)

Se puede observar que las funciones lineales son los que mejor de representan la correlación pues registran los valores más altos de R<sup>2</sup>. los investigadores detallaron el proceso de su investigación pues uno de sus objetivos es sentar bases referidos a los procedimientos para generar futuras correlaciones del método Pull-Out post instalado.

ZHENG, Yuanxun et al (2020), en su artículo “Investigación experimental de la curva de resistencia del hormigón basada en el método de inserción posterior a la extracción” cuya investigación fue desarrollada en Henan, una provincia de china, tuvo el objetivo de determinar las resistencias a compresión mediante el método Pull-Out de concretos comerciales denominados A y B, los cuales fueron curados en las mismas condiciones, para posteriormente ser ensayadas mediante el método

Pull-Out, método de compresión de cubos, método de rebote y compresión de núcleos. Con estos datos se realizaron correlaciones de la resistencia a compresión con los resultados de los métodos mencionados. Concluyen que la correlación encontrada mediante regresión lineal, es la que resulto tener una alta correlación. Agregan finalmente, que las ventajas del método Pull-Out son el realizarse in situ y la calidad de los datos brindados y además esperan que este método continúe desarrollándose mediante la experimentación para otras condiciones del concreto.

## **2.2 Antecedentes Nacionales**

VALENCIA e IBARRA (2013), en su investigación cuyo objetivo fue de hallar pautas de comportamiento entre los esfuerzos de la rotura de probetas y los resultados de velocidad de Pulso Ultrasónico a través este material. Con los resultados obtenidos advierte que la velocidad de Pulso Ultrasónico es afectada por factores internos pero que aun así existen altos niveles de correlación ( $R^2$ ) y verifican que existe relación entre la resistencia a compresión del concreto y la velocidad de Pulso Ultrasónico. Así también concluye que esta investigación muestra que se pueden conocer determinadas propiedades del concreto midiendo otras vinculadas.

## **2.3 Teorías relacionadas al tema**

### **Ensayo Pull-Out**

Este ensayo realiza la medición de la fuerza requerida para extraer un inserto embebido en el concreto, dicho inserto puede colocarse tanto antes o después de que el concreto haya endurecido. La fuerza registrada del sistema de extracción se relaciona con la resistencia a compresión del concreto mediante una gráfica de correlación previamente elaborada mediante ensayos de laboratorio. Posteriormente se puede estimar la resistencia a compresión del concreto in situ de un elemento estructural mediante la extracción de un inserto pre o post-instalado y compararlo con la gráfica de correlación.

## **Instrumento para el ensayo Pull-Out**

El instrumento para el ensayo consta de tres subsistemas básicos: un cilindro hidráulico de extracción, un sistema de carga de velocidad continua y un sistema de medición (manómetro).

## **Resultados de ensayo de extracción (pull-out)**

Los resultados del instrumento del ensayo son convertidos a unidades de fuerza. La fuerza de extracción se considera a la fuerza máxima registrada, por lo que el instrumento ha de tener la capacidad de registrar el pico máximo de operación.

## **Ensayo de Rotura**

El ensayo de Rotura esta normado en nuestro país por la norma NTP 339.034, el cual se basa en la ASTM C39. El cual busca conocer la resistencia a compresión última del concreto al someter a rotura probetas de concreto estándar mediante la aplicación de una fuerza creciente a velocidad constante hasta llegar a la rotura.

## **Influencia de la relación agua/cemento en el concreto**

Estudios realizados como el de GUEVARA, Génesis et al (2012), muestran que la relación agua/cemento está directamente relacionado con la resistencia a compresión obtenida en dicho material. Cuyos resultados en los ensayos de laboratorio con concretos de diseños graduales de relación agua/cemento han verificado un incremento de las resistencias a compresión a medida que se considera menores relaciones a/c y resultados contrarios a medida que se incrementan las relaciones a/c.

**Tabla 7. Influencia de la Relación a/c en la f'c del concreto.**

A/C	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
0,36	420
0,40	370
0,45	340
0,50	295
0,55	275
0,60	230
0,65	220
0,70	185
0,75	165
0,80	140

**Fuente: Guevara, 2012**

El concreto a usarse para el establecimiento de la correlación ha de ser cuidadosamente elaborado tomando en cuenta los criterios requeridos a fin de fabricar un concreto de calidad. Esto implica verificar si los materiales a usar cumplen con las condiciones mínimas ya establecidas en las normas nacionales o Internacionales, de ser el caso. Así también el diseño del concreto ha de realizarse considerando escrupulosamente todos los pasos del método escogido.

El agregado fino a usarse en la elaboración del concreto, podrá provenir de arenas naturales o la trituración de rocas. Se considera que este agregado a todo aquel material que colado en el tamiz N°4, así también a este material ha de realizarse el ensayo de granulometría que busca saber si el material tiene la gradación de sus partículas que permitan una combinación optima con los demás materiales una vez elaborado el concreto.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es **pre - experimental** puesto que el número de muestras son menores a las exige una investigación experimental. En esta investigación se pretende realizar un dosificado de los elementos constitutivos del concreto, así como de los tiempos de fraguado, a fin de obtener muestras de resistencia gradual las cuales se constituirán como la variable independiente. A continuación, se realizarán los ensayos de Rotura y de arrancamiento (Pull-Out) a fin de verificar la correlación de sus resultados, los cuales se considerarán como las variables dependientes. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 185).

Además, es de enfoque cuantitativo puesto que se consideraron mediciones en escala numérica para las unidades de fuerzas de extracción y en escala de razones para las unidades de esfuerzos resistidos a rotura de las muestras.

##### **Tipo de investigación:**

El **tipo de investigación es aplicada**, porque por medio de revisión de investigaciones anteriores y la realización de ensayos hemos buscado la solución de un problema, la de verificar la resistencia a compresión del concreto in situ.

Borja (2012), dice que el estudio aplicado es el que se concentra en buscar la solución a una problemática, por lo cual también se puede decir que tiene objetivos prácticos al dar soluciones a problemáticas específicas. Su origen proviene del anhelo de quien investiga, de dar solución a problemas definidos (p.10)

##### **Nivel de Investigación:**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), dicen que el objetivo del estudio correlacional es determinar el nivel de correlación que hay entre dos o más variables en un ámbito particular. La principal utilidad radica en conocer cómo se

comporta una variable conociendo el comportamiento de variables vinculadas (p.93).

Por lo antes mencionado, esta investigación es de **nivel correlacional**, porque buscó la correlación existente entre resultados de dos ensayos distintos realizados al concreto, las fuerzas de extracción obtenidas del método Pull-Out y las resistencias a la rotura de probetas de concreto. Dichos resultados se procesaron para verificar si existe correlación y determinar si se puede calcular la resistencia del concreto al conocer las fuerzas de extracción del ensayo Pull-Out.

### 3.2. Variables y operacionalización

**Tabla 8. Matriz de Operacionalización de variables.**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I. Resistencia a la compresión del Concreto	La resistencia a la compresión del concreto es el esfuerzo máximo que soporta ante una carga de aplastamiento. Esta propiedad es notablemente superior en relación a su resistencia a tracción por cual esta última suele desprejarse en los cálculos. (Ottazzi, 2011, p. 23)	La resistencia a la compresión del concreto está relacionado con las propiedades físicas de los agregados, la relación agua/cemento, el tiempo de fraguado y las condiciones ambientales. Por ello se dosificaron estos factores para obtener resistencias a la compresión graduales del concreto. (Comite ACI 211)	Propiedades físicas de agregados	Modulo de Finura	Razón
				Peso específico	
				Peso U. Compactado	
				Contenido de humedad	
			Relación agua/cemento	a/c: 0.40	Razón
				a/c: 0.50	
				a/c: 0.60	
Edades de curado	7, 14 y 28 días	Ordinal			
V.D. 1 Resultado del ensayo de Rotura	El resultado del ensayo de rotura de probetas viene a ser el máximo esfuerzo a compresión capaz de soportar del concreto. (NTP 339.034, 2008, p.3)	Este método calcula la resistencia a compresión de probetas mediante la aplicación de una carga a una velocidad normalizada constante mientras ocurre la falla. (NTP 339.034, 2008, p.3)	Esfuerzo de rotura de probetas de concreto	Esfuerzo de rotura a 7 días	Razón
				Esfuerzo de rotura a 14 días	
				Esfuerzo de rotura a 28 días	
V.D. 2 Resultado del pull-out test	Este método también llamado prueba de extracción, fue desarrollado al principio en Dinamarca en 1975, y recientemente en EE.UU. y Canadá, con la finalidad de conocer la resistencia a compresión del concreto a diferentes edades. (Velazquez, 2018, p.13)	Este ensayo se realiza mediante la colocación previa de una pieza de acero en el concreto, la cual es extraída con la ayuda de un sistema hidráulico el cual tiene instalado un manómetro con el que medimos la fuerza extracción del inserto. (Velazquez, 2018, p.13)	Fuerza de extracción	Fuerza de extracción a 7 días	Ordinal
				Fuerza de extracción a 14 días	
				Fuerza de extracción a 28 días	

**Fuente: propia**

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Según Borja (2012, p. 30) se le llama población a todo el grupo de elementos, entidades y sujetos en los cuales se concentrará la investigación.

Para la presente investigación se determinó como población al concreto sin la adición de aditivos sino solo con los materiales básicos, agregado fino, cemento, agregado grueso, agua y aire. Además, puesto que el concreto puede asumir resistencias variables a partir de relación agua/cemento, tiempo de fraguado y otros factores, podemos decir que estamos ante una población Indeterminada.

#### Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.175), “se llama muestra a un grupo contenido dentro la población. Este grupo de elementos que conciernen a ese conjunto tienen las mismas particularidades que posee el grupo mayor denominado como población”.

Las propiedades a medir en la muestra será su resistencia a la compresión y la fuerza de extracción a diferentes niveles de dureza del concreto. Para tal fin se prepararon cuatro diseños de concreto mediante la dosificación de la relación agua/cemento a  $a/c:0.40$ ,  $a/c: 0.50$ ,  $a/c: 0.60$  y  $a/c: 0.70$  cuya diferencia de relaciones agua/cemento de norma del comité ACI 211 confirma que está directamente relacionado con el incremento o decremento de la resistencia del concreto.

Según la NTE E060 de Concreto Armado, dice acerca de los ensayos a compresión, que por cada relación  $a/c$  se deberían de realizar por lo menos 3 ensayos de rotura a compresión a los 28 días a fin de conocer la resistencia alcanzada.

Por lo tanto, la muestra para el **ensayo de rotura de probetas de concreto** estuvo conformado en total de 48 probetas divididas en 4 grupos de 12 probetas. Estos estuvieron agrupados para las relaciones agua/cemento de  $a/c:0.40$ ,  $a/c:0.50$ ,

a/c:0.60 y a/c:0.70. Para cada grupo mencionado se realizará ensayos a rotura a 4 probetas por cada edad. Las edades de curado serán de 7, 14 y 28 días.

**Tabla 9.** *Ensayos de Rotura según sus edades.*

<b>ENSAYOS DE ROTURA A REALIZAR</b>			
a/c	7 días	14 días	28 días
0.40	4	4	4
0.50	4	4	4
0.60	4	4	4
0.70	4	4	4
parciales	16	16	16

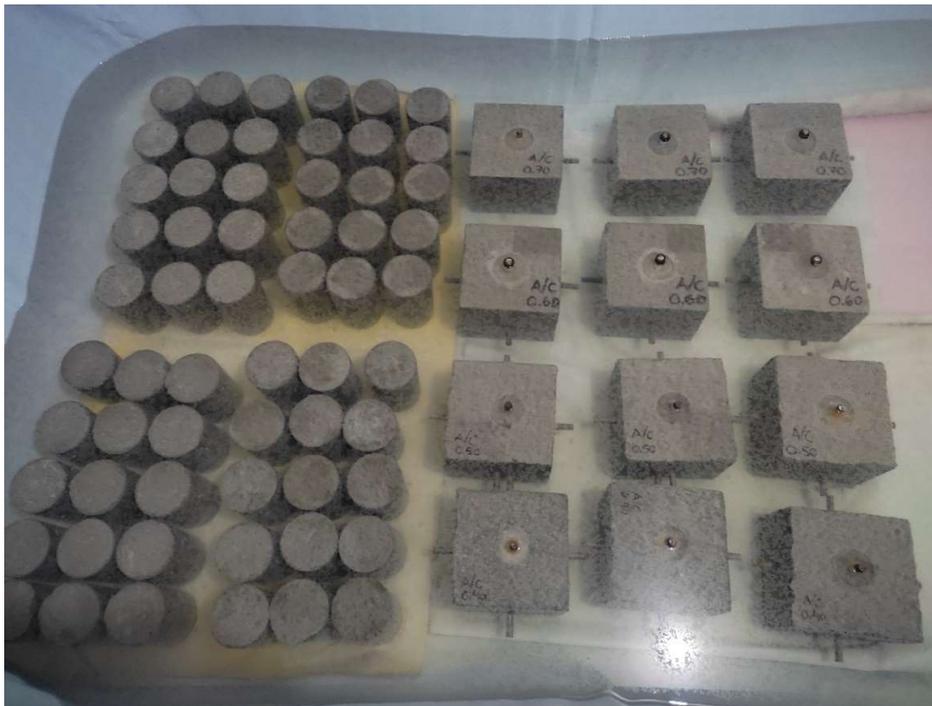
**Fuente:** *propia*

El ensayo Pull-out tuvo una muestra conformada por probetas cubicas de 8" x 8" x 8" en un total de 12 unidades divididas en 4 grupos de 3 probetas (de los cuales se realizarán 5 ensayos de extracción de cada probeta, haciendo un total de 60 ensayos de extracción). Estas probetas estarán agrupadas para las relaciones agua/cemento de a/c:0.40, a/c:0.50, a/c:0.60 y a/c:0.70. Para cada grupo mencionado se realizará 5 ensayos de extracción por probeta para cada tiempo de fraguado. Los tiempos de fraguado serán de 7, 14 y 28 días.

**Tabla 10.** Ensayos de Pull-Out según sus edades.

<b>ENSAYOS PULL OUT A REALIZAR</b>			
a/c	7 días	14 días	28 días
0.40	4	4	4
0.50	4	4	4
0.60	4	4	4
0.70	4	4	4
parciales	16	16	16

**Fuente:** propia



**Figura 5.** Muestras elaboradas con relación a/c: 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 en condición de curado.

## **Muestreo**

El muestreo se realizó de manera dirigida porque se consideró una parte de la población de particularidades específicas, a juicio del investigador. Por lo que, el muestreo es **No probabilístico** pues no se pretendió generalizar resultados hacia la Población, porque las pruebas estadísticas estuvieron limitados a la muestra en sí (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.190).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Según Borja (2012, p. 33) han de detallarse el método usado para la recolección de información, y mostrarse los formatos utilizados de la misma forma como se suele realizar en los proyectos en áreas de ingeniería.

En esta investigación se obtuvo la correlación entre los esfuerzos de rotura de probetas y del ensayo Pull-Out, además se aplicó la técnica de observación, formatos de registro y ensayos de laboratorio considerando se acuerdo a las normas pertinentes.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Al practicar los ensayos se aplicaron los protocolos de acuerdo a la Norma Técnica Peruana para ensayos de rotura y la norma ASTM C 900 (2001) al practicar el ensayo Pull-Out.

Los resultados fueron garantizados por la validez y confiabilidad de los instrumentos. Los instrumentos usados cuentan con certificados de calibración y cuentan con la precisión requerida para realizar los ensayos. Para el Pull-Out menciona que en caso de usar un manómetro analógico deberá tener una precisión de 0.5 KN y de ser digital de 0.1 KN más cercano. Así mismo la prensa usada para la rotura cuenta con certificado de calibración.

### 3.5. Procedimientos

Para realizar las probetas se procedió a obtener los agregados de la cantera Trapiche a los que se le practicaron los ensayos necesarios para determinar las propiedades que poseen.

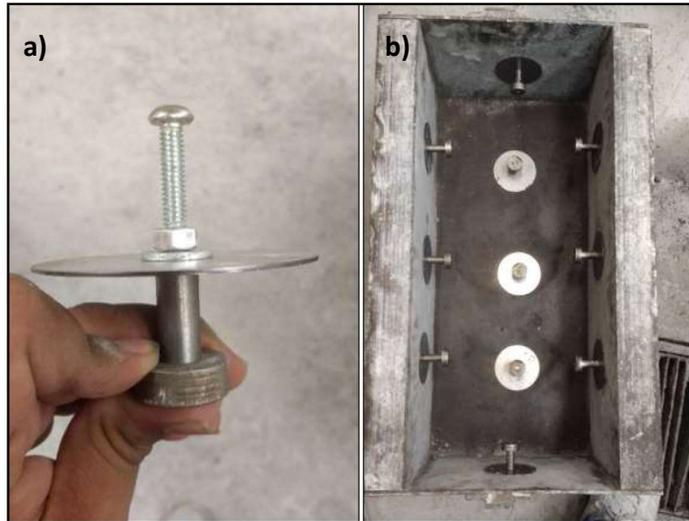
**Tabla 11.** Ensayos que se realizaran a los agregados.

NORMAS TECNICAS PERUANAS E INTERNACIONALES PARA LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS	
NTP 400.010	Extracción y preparación de las muestras de agregados
NTP 400.012	Análisis granulométrico y módulo de finura
NTP 400.017, ASTM C-29	Peso Unitario
NTP 400.021, ASTM C-127	Peso Especifico y Absorción para el agregado grueso
NTP 400.010, ASTM C-128	Peso Especifico y Absorción para el agregado fino
NTP 339.185	Contenido de Humedad
NTP 339.089	Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)

**Fuente:** propia

Se diseñaron las mezclas mediante los resultados obtenidos de los agregados y considerando el método ACI 211. Para las resistencias de diseño se usaron las obtenidas de las relaciones  $a/c:0.40$ ,  $a/c:0.50$ ,  $a/c:0.60$  y  $0.70$ .

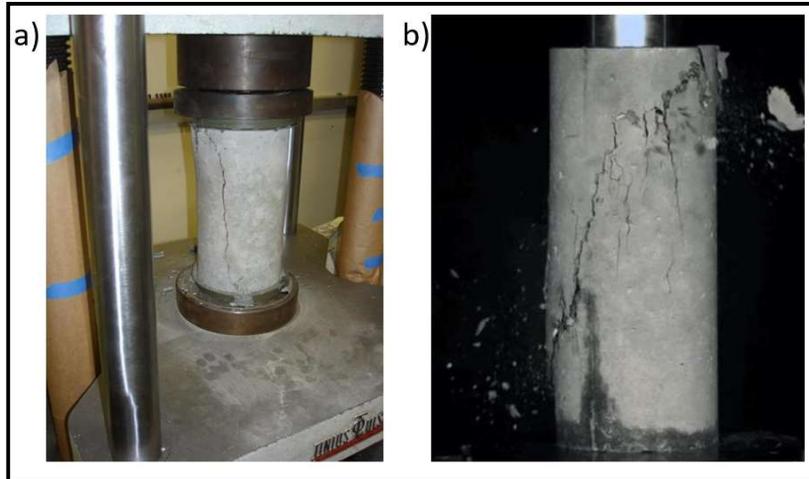
Se realizaron 48 probetas cilíndricas de diámetro 4" de y 8" de alto para el ensayo a rotura. Por cada relación agua/cemento de  $a/c:0.40$ ,  $a/c:0.50$ ,  $a/c:0.60$  y  $a/c:0.70$ ., se realizaron 3 probetas cubicas de formato 8" x 8" x 8" para ser ensayadas por el método Pull-out. Así también por cada relación/agua cemento se realizaron 12 probetas cilíndricas para ser ensayadas a rotura.



**Figura 6.** a) Inserto preinstalado b) molde para probetas cubicas para ensayos Pull-out.



**Figura 7.** Probeta recién vaciada con concreto para el Pull-out test.



**Figura 8.** a) Prueba de Rotura b) Falla en probeta.

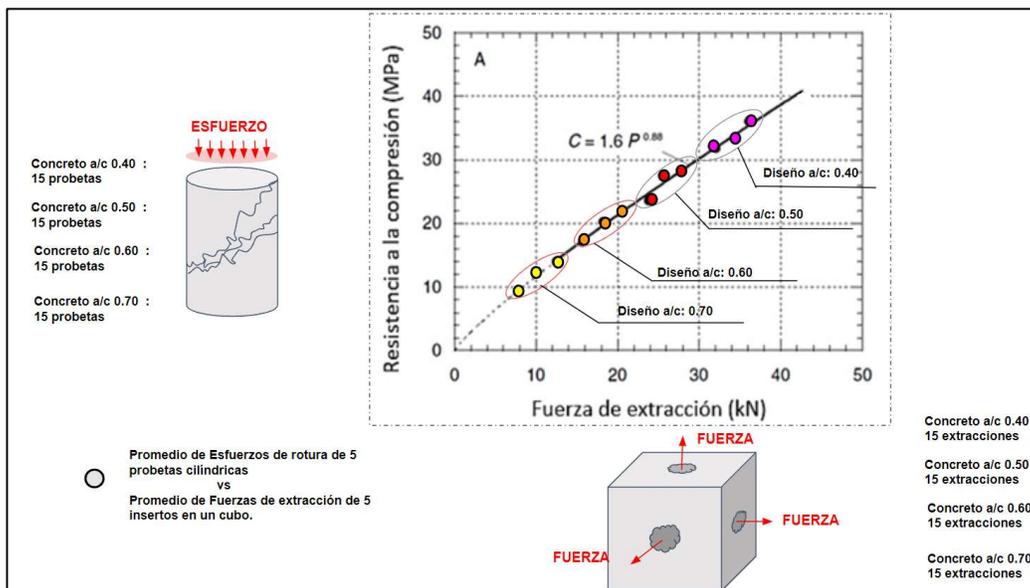


**Figura 9.** Sistema de extracción.

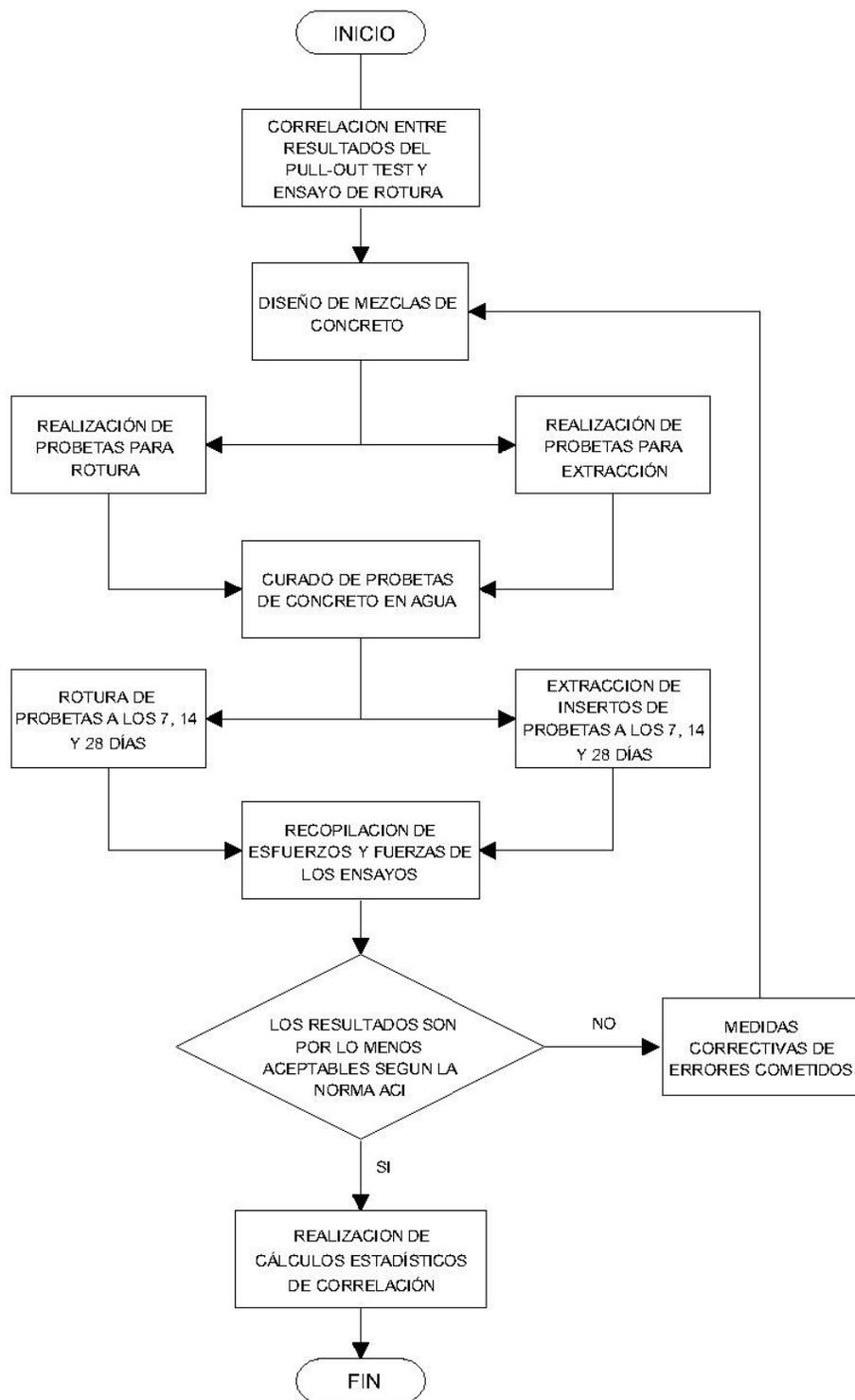


**Figura 10.** Trozo de concreto obtenido del ensayo de extracción Pull-Out.

Las muestras de concreto a ensayar se realizarán en tres fechas, a los 7, 14 y 28 días con cada uno de los tres diseños de resistencia de diseño de tal forma que se obtendrá una nube de puntos. A partir de estos puntos se hallará una correlación entre fuerza y esfuerzo los cuales se obtendrán mediante la prensa y el equipo pull-out respectivamente. Así también mediante la estadística descriptiva se podrá encontrar una línea de correlación grafica con una ecuación de correlación representativa.



**Figura 11.** Correlación obtenida de la resistencia de rotura de las probetas y fuerzas del método pull-out al concreto a diferentes edades y relaciones a/c.



**Figura 12.** Diagrama de flujo general de la investigación.

### 3.6. Método de análisis de datos

Previo a los análisis correlacionales entre las fuerzas de extracción y los esfuerzos resistidos a rotura por las probetas se verificaron los resultados con la finalidad de verificar la calidad de los resultados haciendo uso de la ACI 214RS-11.

**Tabla 12.** Control de la calidad de los resultados de resistencia.

Desviación Estándar, s para la población total			Coeficiente de variación, V dentro de la prueba	Estándar de control de calidad
kg/cm <sup>2</sup>	Mpa	psi		
Hasta 28	Hasta 2.8	Hasta 400	<3.0	Excelente
28 a 35	2.8 a 3.4	400 a 500	3.0 a 4.0	Muy bueno
35 a 42	3.4 a 4.1	500 a 600	4.0 a 5.0	Bueno
42 a 49	4.1 a 4.8	600 a 700	5.0 a 6.0	Aceptable
> 49	> 4.8	> 700	>6	Deficiente

**Fuente:** ACI 214 RS, 2017.

Para estas verificaciones se usaron fórmulas de desviación estándar (S) y coeficiente de variación (V).

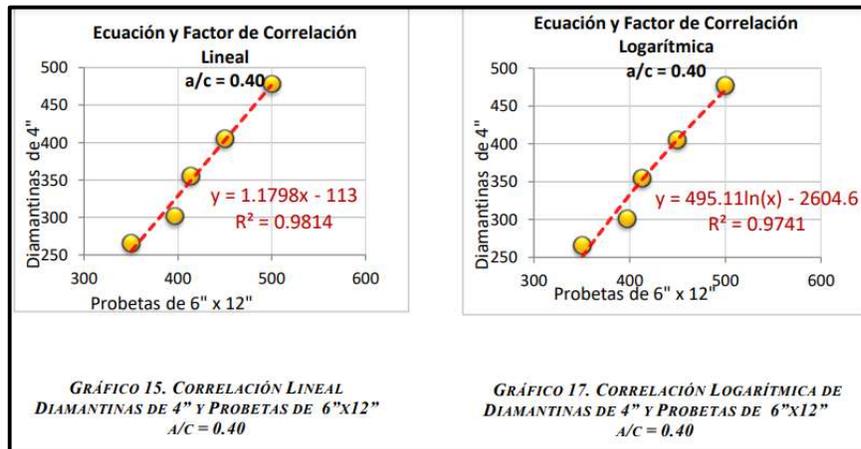
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad V = \frac{S_x}{x} * 100$$

**Tabla 13.** Cálculos del control de la calidad.

a/c	Edad en días	Mediciones		Promedios		Desviación Estándar		Coef. De Variación	
		Rotura de Probetas	Pull-Out	Rotura de Probeta	Pull-Out	Rotura de Probeta	Pull-Out	Rotura de Probeta	Pull-Out
		f'c (kgf/cm2)	F (tnf)	f'c (kgf/cm2)	F (tnf)	f'c (kgf/cm2)	F (tnf)	f'c (kgf/cm2)	F (tnf)
	7								
	14								
	28								

**Fuente:** propia.

Para realizar la correlación entre los resultados de los ensayos se puso en práctica el método comentado por Martínez (2018, p.39) el cual fue recogido por Glaus German y la misma que al principio fue propuesta por Kierkegaard-Hansen, la cual usa modelos matemáticos de regresión lineales y no lineales representadas por curvas de correlación. Dichos modelos matemáticos son verificados por su coeficiente de correlación ( $R^2$ ) a fin de hallar el modelo más representativo de la correlación de datos obtenidos.



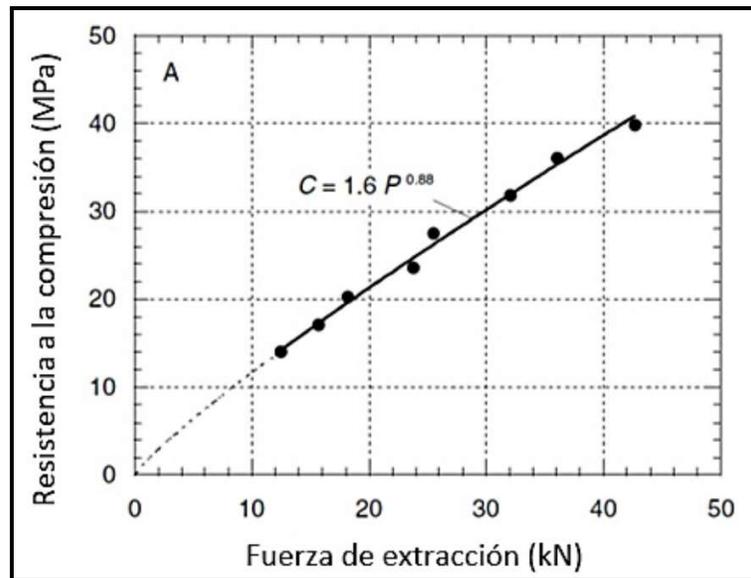
**Figura 13. Ejemplos de modelos regresionales.**

Obtenido la función más representativa de correlación, ya podemos usarla para estimar la resistencia del concreto en el rango de resistencia que aportaron los datos obtenidos de ambos ensayos.

Con la función más representativa de la correlación entre el esfuerzo de rotura de las probetas y la fuerza de extracción, se le podrá dar uso para calcular la resistencia a compresión del concreto con características semejantes a las usadas en esta investigación al considerar de las fuerzas medidas con la utilización sistema de extracción y la curva de correlación.

En la figura 14 se observa puntos cada uno de los cuales se ubican en el plano ubicados según unos de sus ejes por su resistencia a compresión y por el otro eje por su resistencia a extracción. Cada punto representa así mismo a un grupo de

probetas de clasificada por su relación agua/cemento, así como por una determinada edad de curado.



**Figura 14.** Curva de correlación de mejor ajuste entre las fuerzas de extracción y esfuerzos de la rotura.

### 3.7 Aspectos éticos

#### En esta investigación se respetó los derechos

En esta investigación se respetó los derechos intelectuales de los autores de las bibliografías revisadas al usarse las referencias según la norma ISO 690 y 690-2; también se respetaron las inclinaciones políticas y el respeto al medio ambiente, con la finalidad de que la presente investigación posea credibilidad.

## IV. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos realizados a los materiales usados en el diseño de las mezclas del concreto los cuales fueron necesarios, tanto para el agregado fino y grueso, estos datos se obtuvieron en el laboratorio “JJ Geotecnia SAC”. También los ensayos de resistencia a compresión y ensayo Pull-Out.

### 4.1 Análisis de agregados

#### Granulometría del Agregado fino

El ensayo de granulometría del agregado fino fue realizado en el laboratorio de JJ Geotecnia SAC y se basaron en las normas del ASTM C136, NTP 400.012 y NTP 400.037.

Este ensayo agrupa los granos del material fino en intervalos de tamaños, para lo cual se utilizan tamices. Se hace pasar el material por estos tamices de los mayores diámetros hasta los menores para ser pesados la cantidad de material atrapado en cada tamiz, con estos datos se elabora una tabla donde se detallan los resultados obtenidos. Todo este proceso se realiza siguiendo las consideraciones de las normas citadas.

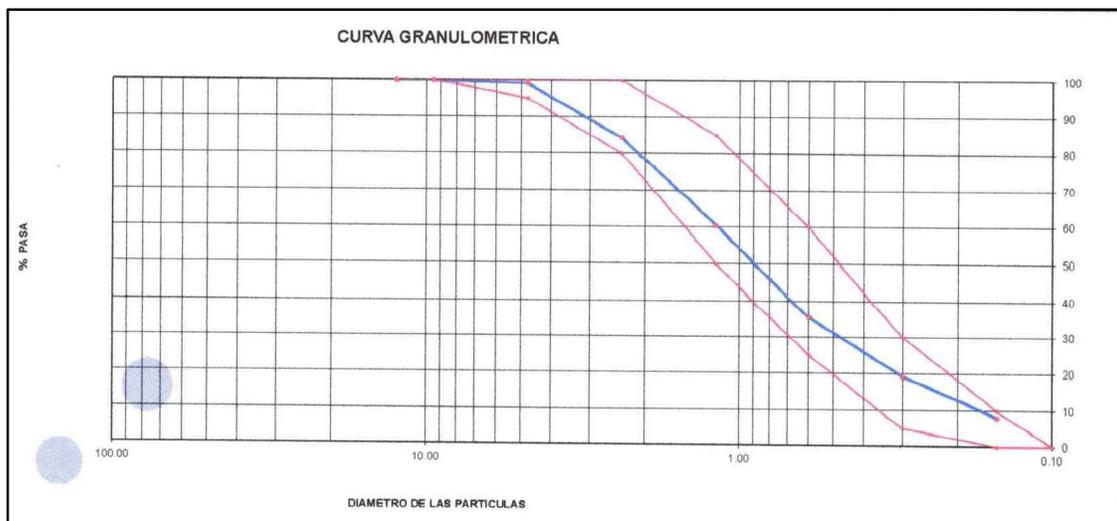
**Tabla 14:** *Granulometría agregado fino.*

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	ASTM C 33
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	2.1	0.3	0.3	99.7	95 - 100
Nº8	2.38	141.7	18.2	18.5	81.5	80 - 100
Nº 16	1.19	205.2	26.2	44.7	55.3	50 - 85
Nº 30	0.60	151.3	19.4	64.1	35.9	25 - 60
Nº 50	0.30	178.0	22.8	86.9	13.1	05 - 30
Nº 100	0.15	35.2	4.5	91.4	8.6	0 - 10
FONDO		67.1	8.6	100.0	0.0	0 - 0

**Fuente:** *Laboratorio JJ Geotecnia SAC.*

Para hallar el módulo de fineza se procedió a realizar la adición de los porcentajes retenidos y a dividirlo entre 100. De esta forma se determinó el módulo de fineza del agregado fino, que resulto de 2.93

Podemos observar en la fig. 15 la curva granulométrica del agregado fino utilizado en los ensayos realizados basados en la norma ASTM C136, la NTP 400.012 y NTP 400.037. En esta figura se puede ver que la curva granulométrica se halla al interior de los límites superiores e inferiores de distribución granulométrica requeridos. Esto nos indica que el agregado fino por su distribución granulométrica es apropiado para su uso en diseño de la mezcla.



**Figura 15.** Curva granulométrica del agregado fino.

#### 4.1.2 Peso unitario suelto y compactado

Para la realización del ensayo se realizaron las consideraciones de las normas NTP 400.017 y el ASTM C29.

Para realizar el ensayo de Peso unitario se usó un molde metálico, en este molde se ingresó el agregado fino en estado suelto y se midió el peso, también se colocó el material en estado compactado para nuevamente medir el peso obtenido. Los resultados obtenidos se observan en la tabla 15 y tabla 16.

**Tabla 15. Peso Unitario Suelto A.F.**

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6596	6615	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4233	4252	4224
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.534	1.541	1.530
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		<b>g/cc</b>	<b>1.535</b>		

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

El peso unitario suelto del agregado fino lo determinamos colocando el material seco de forma suave en el molde hasta la posición de derrame y luego con el uso de una carilla se nivela a ras. Es necesario conocer el peso unitario suelto sobre todo cuando se va a realizar el transporte y almacenamiento debido que estas operaciones se realizan con el agregado en estado suelto.

El peso unitario suelto del agregado fino resultante como se verifica en la tabla 15 es de 1.535 g/cc , este material se obtuvo de la cantera Trapiche.

**Tabla 16. Peso Unitario Compactado del A.F.**

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7196	7215	7211
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4833	4852	4848
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.751	1.758	1.757
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		<b>g/cc</b>	<b>1.755</b>		

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

El Peso unitario compactado se mide sobre el material que ha sido previamente compactado, por lo cual sus partículas han logrado un nivel de reacomodo ocupando algunos espacios que antes estaban vacíos, de esta manera suele notarse un incremento de su masa respecto a su volumen. Como se puede observar en la tabla 16 el agregado fino ensayado obtuvo el valor de peso unitario compactado de 1.755 g/cc.

### **Peso específico y Absorción del agregado fino**

Para realizar este se consideró las normas ASTM C128 y NTP 400.022, las que nos permiten realizar este ensayo de forma estandarizada y un nivel de confiabilidad requerido de los datos a obtener.

Se denomina peso específico a la relación a una temperatura estable del peso del material en el aire a una temperatura estable y el volumen del agregado, a fin de calcular este parámetro. Para poder calcular el peso específico es necesario comprender conceptos como peso aparente, masa y masa saturada superficialmente seca.

Se denomina absorción, a la acción de incrementar el peso del agregado poroso y seco, mediante la inclusión de agua en sus poros, resultando el material en una condición saturada, pero con la superficie seca.

Se realizó el ensayo de peso específico y de absorción y los resultados se encuentran en la tabla 17.

**Tabla 17. Peso Específico A.F**

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua	g	981.98	981.5	981.7
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon	g	671.26	669.8	670.5
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.72	311.7	311.2
4	Peso de la Arena Seca al Homo + Peso del Balon	g/cc	663.9	662.3	663.10
5	Peso del Balon N° 2	g/cc	171	169.8	<b>170.40</b>
6	Peso de la Arena Seca al Homo (A = 4 - 5)	g/cc	492.9	492.5	492.70
7	Volumen del Balon (V = 500)	cc	497.2	498.2	<b>497.7</b>

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC

**Tabla18. Absorción A.F**

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = $A/(V-W)$ )	g/cc	<b>2.64</b>	<b>2.64</b>	<b>2.64</b>
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = $500/(V-A)$ )	g/cc	2.68	2.68	2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = $A/[(V-W)-(500-A)]$ )	g/cc	2.75	2.75	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCION (%) $[(500-A)/A*100]$	%	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC

Para el ensayo se procede a pesar tanto la muestra saturada como la muestra seca, a continuación, se coloca el material en dentro de la fiola, agregándole agua de forma continua, llegando a colmar su capacidad, luego se vierte el agua, esto realizo con la finalidad de llenar los vacíos de los agregados de la muestra. Luego se seca en el horno y a temperatura ambiente.

### **Contenido de Humedad del agregado fino**

Este ensayo se hizo considerando la norma NTP 339.185. Para realizar este ensayo se realiza un pesado inicial de la muestra, luego se le lleva al horno por 24 horas, después se retira y se pesa nuevamente, se realizan los cálculos respectivos según indica la norma. El resultado del ensayo es expuesto en la tabla 19.

**Tabla 19.** *Contenido de Humedad A.F.*

<b>ELEMENTO</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>
Agregado Fino	2.2

**Fuente:** *Laboratorio JJ Geotecnia SAC*

### **Granulometría del agregado grueso**

Este ensayo se hizo en el laboratorio de MTL Geotecnia, considerando y basándose en las normas del ASTM C136 y la NTP 400.012.

Este ensayo agrupa los granos del material grueso en intervalos de tamaños, para lo cual se utilizan tamices. Se hace pasar el material por estos tamices de los mayores diámetros hasta los menores para ser pesados la cantidad de material atrapado en cada tamiz, con estos datos se elabora una tabla donde se detallan los resultados obtenidos. Finalmente se determina el TMN.

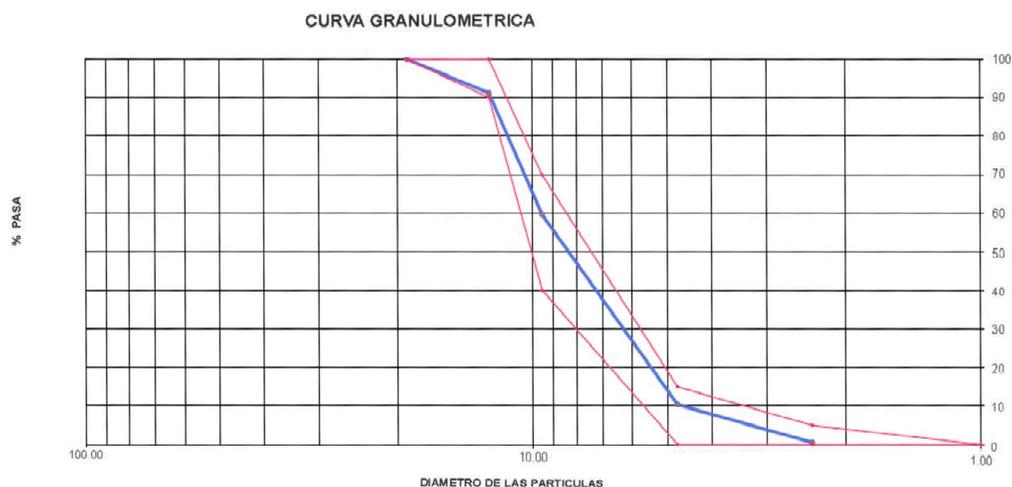
El agregado grueso ha de satisfacer con las normas citadas, referidos a los límites superior e inferior como se expone en la figura 15 de los ensayos realizados.

**Tabla 20. Granulometría agregado grueso.**

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 7
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.05	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1/2"	12.50	180.1	8.8	8.8	91.2	90 - 100
3/8"	9.53	647.9	31.6	40.4	59.6	40 - 70
Nº 4	4.76	1,009.3	49.2	89.6	10.4	0 - 15
Nº 8	2.38	203.7	9.9	99.5	0.5	0 - 5
Nº 16	1.10	7.2	0.4	100.0	0.0	
FONDO		3.8	0.2			

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

Observamos que la curva granulométrica del material obtenido de la cantera Trapiche satisface los parámetros de la norma NTP400.037. El Agregado grueso es de Huso 7 como se indica en la tabla 21 con lo cual se verifica que esta apto para su uso en la mezcla de concreto.



**Figura 16.** Curva granulométrica del agregado grueso.

El Agregado Grueso usado es el que queda en el tamiz normalizado N°4 (4.75mm) el cual procede de la degradación natural, así como artificial de material rocoso y cumple con los referidos en norma. El objetivo de este material es de dotar de resistencia al concreto por lo cual ha de cumplir los requerimientos granulométricos como menciona la norma NTP 400.037

### **Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso**

Para la elaboración del ensayo se tomó en revisaron y pusieron en práctica las siguientes normas NTP 400.017 y el ASTM C29, los que nos brindan los parámetros para obtener resultados con el nivel de confiabilidad requeridos, los resultados del ensayo realizados están en las tablas 22 y 23.

Para realizar el ensayo de Peso unitario compactado se usó un molde metálico, en este molde se puso el agregado grueso en estado suelto y se midió el peso, también se colocó el material en estado compactado para nuevamente medir el peso obtenido. Los resultados obtenidos se observan en la tabla 22 y tabla 23.

**Tabla 21. Peso Unitario Suelto A.G.**

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6012	5989	6005
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3649	3626	3642
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.322	1.314	1.320
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.318		

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

El peso unitario suelto del agregado fino se determina colocando el material seco de forma suave en el molde hasta el estado de derrame y luego con el uso de una carilla se nivela a ras. Es necesario conocer el peso unitario suelto del agregado sobre todo cuando se va a realizar el transporte y almacenamiento debido que estas operaciones se realizan con el agregado en estado suelto.

El peso unitario suelto del agregado grueso resultante como se puede verificar en la tabla 22 es de 1.318 g/cc, este material se obtuvo de la cantera Trapiche.

**Tabla 22. Peso Unitario Compactado del A.G.**

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6614	6596	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4251	4233	4224
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.540	1.534	1.530
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.535		

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

El Peso unitario compactado se mide sobre el material que ha sido previamente compactado, por lo cual sus partículas han logrado un nivel de reacomodo ocupando algunos espacios que antes estaban vacíos, de esta manera suele notarse un incremento de su masa respecto a su volumen. Como se puede observar en la tabla 23 el agregado grueso ensayado obtuvo el valor de peso unitario compactado de 1.535 g/cc.

### **Peso específico y Absorción del agregado grueso**

Al realizar este ensayo han de seguirse las consideraciones de las normas ASTM C128 y NTP 400.021, las que nos permiten realizar este ensayo de forma estandarizada y un nivel de confiabilidad requerido de los datos a obtener.

Se denomina peso específico a la relación entre el peso y el volumen del agregado, a fin de calcular este parámetro, el material ha de estar saturado y superficialmente seco. Para poder calcular el peso específico es necesario comprender los conceptos relacionados.

Se denomina absorción, al incremento del peso del agregado poroso y seco, mediante la inclusión de agua en sus poros, resultando el material en una condición saturada, pero con la superficie seca.

Se realizó el ensayo de peso específico y de absorción y los resultados se encuentran en la tabla 23.

**Tabla 23. Peso Específico y Absorción A.G.**

MUESTRA N°				M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1590.0	1572.0	1581.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2536.0	2508.0	2522.0
3	Peso muestra Seco	C	g	2511.0	2483.0	2497.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.68	2.68	2.68
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.65	2.65	2.65
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.73	2.73	2.73
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)* 100		%	1.0	1.0	1.0

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

Para el ensayo se procede a pesar tanto la muestra en estado saturado como la muestra seca, a continuación, se coloca el material adentro de la fiola, adicionándole de forma continua agua, hasta colmar su capacidad, luego se vierte el agua, esto realizado con la finalidad de llenar los vacíos de los agregados de la muestra. Luego se seca en el horno y se deja secar a temperatura ambiente.

### **Contenido de Humedad del agregado grueso**

El ensayo de contenido de humedad se realizó considerando la norma NTP 339.185. Para realizar este ensayo se realiza un pesado inicial de la muestra, luego se le lleva al horno por 24 horas, después se retira y se pesa nuevamente, se realizan los cálculos respectivos según indica la norma. Los resultados del ensayo se muestran en la tabla 24.

**Tabla 24. Contenido de Humedad A. G.**

ELEMENTO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
Agregado Grueso	0.1

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

#### 4.2 Diseño de la mezcla

Existen varias metodologías para el diseño de mezcla, el que se usó en esta investigación fue el Método normado por el comité ACI 211, mediante el cual se diseñaron tres dosificaciones de mezcla con relaciones agua/cemento  $a/c=0.40$ ,  $a/c=0.50$ ,  $a/c=0.60$  y  $a/c=0.70$ . Las propiedades del cemento, del agregado fino y grueso que se usaron en la preparación de las mezclas se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 25. Propiedades físicas y químicas del cemento.**

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	438	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

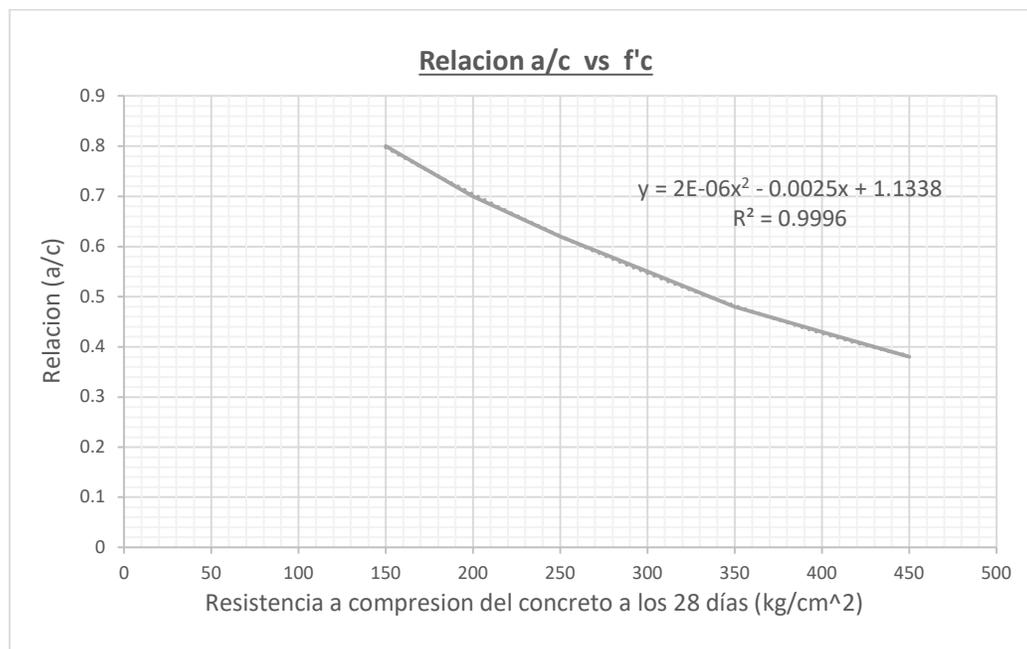
**Fuente:** UNACEM SAC

**Tabla 26. Propiedades físicas del Agregado Grueso y Fino.**

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO (arena)	AGREGADO GRUESO (piedra)
Peso Unitario Suelto	1535.0 kg/m <sup>3</sup>	1318.0 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1755.0 kg/m <sup>3</sup>	1535.0 kg/m <sup>3</sup>
Peso Específico De Masa	2.64	2.65
Contenido De Humedad	2.2	0.1
Porcentaje De Absorción	1.5	1
Módulo De Fineza	3.06	-
Tamaño Máximo Del Agregado	-	1/2"

**Fuente:** Laboratorio JJ Geotecnia SAC.

Respecto a la resistencia a compresión para procedimiento de diseño de mezcla se ha considerado cuatro resistencias las cuáles serán las resultantes de las relaciones agua cemento del cuadro relación resistencia a compresión a los 28 días vs relación a/c de la tabla ACI 211.



**Figura 17. Curva que relaciona f'c sin aire incorporado a los 28 días a partir de la relación a/c, elaborado a partir del cuadro referido del ACI 211.**

A partir de la gráfica anterior y haciendo  $y = a/c$  para los valores de 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 obtenemos los siguientes valores de resistencia de diseño.

Resistencia del concreto con r: a/c 0.40 a los 28 días

$$0.4 = 2 * 10^{-6} f'c^2 - 0.0025f'c + 1.1338$$

$$a/c: 0.40 \text{ ----- } 470 \text{ kg/cm}^2$$

Resistencia del concreto con r: a/c 0.50 a los 28 días

$$0.5 = 2 * 10^{-6} f'c^2 - 0.0025f'c + 1.1338$$

$$a/c: 0.50 \text{ ----- } 353 \text{ kg/cm}^2$$

Resistencia del concreto con r: a/c 0.60 a los 28 días

$$0.6 = 2 * 10^{-6} f'c^2 - 0.0025f'c + 1.1338$$

$$a/c: 0.60 \text{ ----- } 273 \text{ kg/cm}^2$$

Resistencia del concreto con r: a/c 0.70 a los 28 días

$$0.7 = 2 * 10^{-6} f'c^2 - 0.0025f'c + 1.1338$$

$$a/c: 0.70 \text{ ----- } 208 \text{ kg/cm}^2$$

### **Pasos considerados para el diseño de la mezcla – Comité ACI 211**

A continuación, se exponen los pasos seguidos para el diseño de las cuatro mezclas con variaciones agua/cemento de 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70.

#### **Paso1.** Caracterización de los agregados

Las características de los agregados fino y grueso se muestran en la tabla 26 los cuales fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

**Paso 2.** Resistencia requerida del concreto

Si bien la norma menciona que ha de considerarse una resistencia requerida, para nuestro diseño se consideraron las resultantes de la relación agua/cemento 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 las cuales según la tabla correspondiente del comité ACI 211 se aproximan a los 28 días a las resistencias de 470kg/cm<sup>2</sup>; 353kg/cm<sup>2</sup>; 273kg/cm<sup>2</sup> y 208kg/cm<sup>2</sup>.

**Paso 3.** Determinar el asentamiento.

*Tabla 27. Relación de consistencia a obtener según el asentamiento.*

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" a 2"
Plástica	4" a 5"
Fluida	>6"

**Fuente:** ACI 211.

**Paso 4.** Relación agua / cemento.

*Tabla 28. Relaciones de la resistencia a compresión vs relación agua cemento.*

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (F'CR) KG/CM2	RELACION AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

**Fuente:** ACI 211.

**Paso 5.** Cantidad de agua de mezclado y aire.

**Tabla 29.** Propiedades físicas del Agregado Grueso y Fino.

ASENTAMIENTO	AGUA EN LT/M3, PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMO NOMINALES DE AGREGADOS GRUESO Y CONSISTENCIAS INDICADOS							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	168	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

**Fuente:** ACI 211.

**Paso 6.** Determinar el cemento

Para determinar la porción del cemento se consideró la relación agua cemento y el agua requerida del paso anterior.

$$r: a/c = \frac{\text{Agua calculada}}{\text{CEMENTO}} \qquad \text{CEMENTO} = \frac{\text{Agua calculada}}{r: a/c}$$

**Paso 7.** Aire atrapado

**Tabla 30.** Contenido de aire atrapado.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

**Fuente:** ACI 211.

Dado que el TMN es el de la malla de 1/2", se verifico que según la tabla anterior el aire atrapado es de 2.5%.

**Paso 8.** Determinar la cantidad de agregado grueso

**Tabla 31.** Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

TNM del Agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compact. X unid. Vol. de concreto para diversos M.F. del Fino (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** ACI 211.

Con el módulo de finura del fino  $M_f=3.06$  y el TNM del Ag. grueso=1/2" de la tabla 32 y extrapolando obtenemos la relación del volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

**Paso 9.** Cálculo del volumen absoluto del concreto para hallar el agregado fino de los materiales por  $m^3$

Volumen Absoluto Ag. Fino =  $1 - (\text{volúmenes absolutos})$

Peso Seco del Agregado fino =  $(\text{Vol. Abs. A.F.}) \times (\text{peso esp. A.F.}) \times 1000$

**Paso 10.** Corrección por contenido de humedad de los agregados.

Agregado Fino corregido =  $(\text{peso calculado A.F.}) \times (1 + (\% \text{ humedad} / 100))$

Agregado Grueso =  $(\text{peso calculado A.G.}) \times (1 + (\% \text{ humedad} / 100))$

**Paso 11.** Corrección de agua por absorción de los agregados

$H_2O \text{ corregido} = H_2O - (\text{peso A.G} \times ((\% \text{hum. A.G} - \% \text{abs. A.G.}) / 100)) - (\text{peso A.F} \times ((\% \text{hum. A.F} - \% \text{abs. A.F.}) / 100))$

**Paso 12.** Diseño teórico húmedo

**Paso 13.** Proporciones en peso por volumen unitario

**Diseño de mezcla de relación agua cemento 0.40**

- a) Las propiedades de los agregados fino y grueso se muestran en la tabla 27
- b) La resistencia requerida será la resultante de la relación a/c 0.40
- c) El asentamiento estará entre 2" a 4".
- d) La relación agua/cemento será de 0.40
- e) La cantidad de agua de la mezcla para un asentamiento de entre 3" a 4" = 216 Lt/m<sup>3</sup> según la tabla ACI 211 pero por experiencias de laboratorio y por tener un agregado grueso de esquinas angulosas se corrigió la cantidad de agua adicionándole un 8% considerándose una cantidad de agua de diseño de 233 litros.
- f) La cantidad de cemento

$$0.40 = \frac{AGUA}{CEMENTO} \qquad CEMENTO = \frac{233lt/m^3}{0.40} = 582.5 \text{ kg/m}^3$$

- g) El aire atrapado se obtuvo de la tabla 31 tomado del comité ACI 211 según el cual indica que el agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2" contiene un aire atrapado del 2.5%.
- h) La cantidad del agregado grueso se calculó mediante la tabla del comité ACI 211 el cual relaciona el TNM del A.G. con el modulo de finura del Ag. F.

Con el módulo de finura del agregado fino  $M_f=3.06$  y el TNM del Ag. grueso=1/2" y extrapolando obtenemos la relación del volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto:

3.06-----	X
3.00-----	0.53
2.80-----	0.55

$$X = 0.55 - (3 - 2.8) * \left( \frac{0.55 - 0.53}{3.0 - 2.8} \right)$$

$$X = 0.524$$

Peso del agregado grueso:  $0.524 * P. \text{ Unit. Comp. del A.G.} = 804.3 \text{ kg}$

i) Volúmenes absolutos de los materiales para el cálculo del agregado fino.

**Tabla 32.** Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F.

PRESENTACION POR VOLUMENES ABSOLUTOS			
Material	Peso seco	Peso espec.	Volumen
Cemento	582.5 kg	3120 kg/m <sup>3</sup>	0.187 m <sup>3</sup>
Agua	233 lt	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.233 m <sup>3</sup>
Agregado G	804.3 kg	2650 kg/m <sup>3</sup>	0.3035 m <sup>3</sup>
Aire %	2.5 %	0	0.025 m <sup>3</sup>
		Total	0.748 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

Volumen del Agregado Fino:  $1 - 0.748 \text{ m}^3 = 0.252 \text{ m}^3$

Peso en estado seco del A.F.:  $0.252 \text{ m}^3 * 2640 \text{ kg/m}^3 = 664.7 \text{ kg}$

**Tabla 33.** Presentación del diseño en estado seco.

MATERIAL	PESO SECO/m <sup>3</sup>
Cemento	582.50 KG
Agua	233.00 lt
Agregado Fino	664.7 kg
Agregado grueso	804.3 kg
Aire	2.5 %
	2269.11 KG

**Fuente:** Elaboración propia

j) Corrección por contenido de humedad de los agregados.

Agregado fino corregido =  $664.7 \text{ kg} * (1+0.022) = 679.3 \text{ kg}$

Agregado grueso corregido = 804.3 kg x (1+0.001) = 805.1 kg

k) Corrección del agua por contenido de humedad de agregados.

$$H_2O \text{ Corregida} = 233.0 \text{ l} - 804.3 \text{ kg} (0.001-0.01) - 664.7 \text{ kg} (0.022-0.015)$$

$$H_2O \text{ Corregida} = 235.6 \text{ l}$$

l) Presentación del diseño en peso por metro cubico y corregido por humedad.

**Tabla 34.** Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.40.

DISEÑO DE LA MEZCLA (1m <sup>3</sup> )	
MATERIALES	PESO
Cemento	582.5 kg
Agua	235.6 lt
Agregado Fino	679.3 kg
Agregado grueso	805.1 kg
<b>Peso de la mezcla</b>	<b>2302.54 kg</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

### Diseño de concreto de relación agua cemento 0.50

- Las propiedades de los agregados fino y grueso se muestran en la tabla.....
- La resistencia requerida será la resultante de la relación a/c 0.50
- El asentamiento estará entre 2" a 4".
- La relación agua/cemento será de 0.50
- La cantidad de agua de la mezcla para un asentamiento de entre 3" a 4" = 216 Lt/m<sup>3</sup> según la tabla ACI 211 pero por experiencias de laboratorio y por tener un agregado grueso de esquinas angulosas se corrigió la cantidad de agua adicionándole un 8% considerándose una cantidad de agua de diseño de 233 litros.

f) La cantidad de cemento

$$0.50 = \frac{AGUA}{CEMENTO} \quad CEMENTO = \frac{233lt/m^3}{0.50} = 466 \text{ kg}/m^3$$

g) El aire atrapado se obtuvo de la tabla 31 tomado del comité ACI 211 según el cual indica que el agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2" contiene un aire atrapado del 2.5%.

h) La cantidad del agregado grueso se calculó mediante la tabla del comité ACI 211 el cual relaciona el TNM del A.G. con el módulo de finura del agregado fino.

Con el módulo de finura del fino  $M_f=3.06$  y el TNM del Ag. grueso=1/2" y extrapolando obtenemos la relación del volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto:

$$\begin{array}{l} 3.06\text{-----} X \\ 3.00\text{-----} 0.53 \\ 2.80\text{-----} 0.55 \end{array}$$

$$X = 0.55 - (3 - 2.8) * \left( \frac{0.55 - 0.53}{3.0 - 2.8} \right)$$

$$X = 0.524$$

Peso del agregado grueso:  $0.524 * P. \text{ Unit. Comp. del A.G.} = 804.3 \text{ kg}$

i) Volúmenes absolutos de los materiales para el cálculo del agregado fino.

**Tabla 35.** Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F.

PRESENTACION POR VOLUMENES ABSOLUTOS			
Material	Peso seco	Peso espec.	Volumen
Cemento	466.0 kg	3120 kg/m <sup>3</sup>	0.149 m <sup>3</sup>
Agua	233 lt	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.233 m <sup>3</sup>
Agregado G	804.3 kg	2650 kg/m <sup>3</sup>	0.304 m <sup>3</sup>
Aire%	2.5 %	0	0.025 m <sup>3</sup>
		Total	0.711 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

Volúmenes del Agregado Fino:  $1 - 0.711 \text{ m}^3 = 0.289 \text{ m}^3$

Peso en estado seco del A.F.:  $0.252 \text{ m}^3 * 2640 \text{ kg/m}^3 = 763.3 \text{ kg}$

**Tabla 36.** Presentación del diseño en estado seco.

MATERIAL	PESO SECO/m3
Cemento	466.00 KG
Agua	233.00 lt
Agregado Fino	763.3 kg
Agregado grueso	804.3 kg
Aire	2.5 %
	2269.11 KG

**Fuente:** Elaboración propia

- j) Corrección por contenido de humedad de los agregados.

Agregado fino corregido =  $763.3 \text{ kg} \times (1+0.022) = 780.1 \text{ kg}$

Agregado grueso corregido =  $804.3 \text{ kg} \times (1+0.001) = 805.1 \text{ kg}$

- k) Corrección del agua por contenido de humedad de agregados.

$H_2O$  Corregida =  $233.0 \text{ l} - 804.3 \text{ kg} (0.001-0.01) - 763.3 \text{ kg} (0.022-0.015)$

$H_2O$  Corregida =  $234.9 \text{ l}$

- l) Presentación del diseño en peso por metro cubico y corregido por humedad.

**Tabla 37.** Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.50.

DISEÑO DE LA MEZCLA (1m3)	
MATERIALES	PESO
Cemento	466.0 kg
Agua	234.9 lt
Agregado Fino	780.1 kg
Agregado grueso	805.1 kg
<b>Peso de la mezcla</b>	<b>2286.10 kg</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## Diseño de concreto de relación agua cemento 0.60

- a) Las propiedades de los agregados fino y grueso se muestran en la tabla.....
- b) La resistencia requerida será la resultante de la relación a/c 0.60
- c) El asentamiento estará entre 2" a 4".
- d) La relación agua/cemento será de 0.60
- e) La cantidad de agua de la mezcla para un asentamiento de entre 3" a 4" = 216 Lt/m<sup>3</sup> según la tabla ACI 211 pero por experiencias de laboratorio y por tener un agregado grueso de esquinas angulosas se corrigió la cantidad de agua adicionándole un 8% considerándose una cantidad de agua de diseño de 233 litros.
- f) La cantidad de cemento

$$0.60 = \frac{AGUA}{CEMENTO} \quad CEMENTO = \frac{233\text{lt}/\text{m}^3}{0.60} = 388.3 \text{ kg}/\text{m}^3$$

- g) El aire atrapado se obtuvo de la tabla 31 tomado del comité ACI 211 según el cual indica que el agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2" contiene un aire atrapado del 2.5%.
- h) La cantidad del agregado grueso se calculó mediante la tabla del comité ACI 211 el cual relaciona el TNM del A.G. con el módulo de finura del agregado fino.

Con el módulo de finura del fino  $M_f=3.06$  y el TNM del Ag. grueso=1/2" y extrapolando obtenemos la relación del volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto:

3.06-----	X
3.00-----	0.53
2.80-----	0.55

$$X = 0.55 - (3 - 2.8) * \left( \frac{0.55 - 0.53}{3.0 - 2.8} \right)$$

$$X = 0.524$$

Peso del agregado grueso:  $0.524 * P. \text{ Unit. Comp. del A.G.} = 804.3 \text{ kg}$

i) Volúmenes absolutos de los materiales para el cálculo del agregado fino.

**Tabla 38.** Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F.

PRESENTACION POR VOLUMENES ABSOLUTOS			
Material	Peso seco	Peso espec.	Volumen
Cemento	388.3 kg	3120 kg/m <sup>3</sup>	0.124 m <sup>3</sup>
Agua	233 lt	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.233 m <sup>3</sup>
Agregado G	804.3 kg	2650 kg/m <sup>3</sup>	0.3035 m <sup>3</sup>
Aire %	2.5 %	0	0.025 m <sup>3</sup>
Total			0.686 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

Volumen del Agregado Fino:  $1 - 0.686 \text{ m}^3 = 0.314 \text{ m}^3$

Peso en estado seco del A.F.:  $0.314 \text{ m}^3 * 2640 \text{ kg/m}^3 = 829 \text{ kg}$

**Tabla 39.** Presentación del diseño en estado seco.

MATERIAL	PESO SECO/m <sup>3</sup>
Cemento	388.33 KG
Agua	233.00 lt
Agregado Fino	829.0 kg
Agregado grueso	804.3 kg
Aire	2.5 %
2269.11 KG	

**Fuente:** Elaboración propia

j) Corrección por contenido de humedad de los agregados.

Agregado fino corregido =  $829 \text{ kg} \times (1+0.022) = 847.2 \text{ kg}$

Agregado grueso corregido =  $804.3 \text{ kg} \times (1+0.001) = 805.1 \text{ kg}$

k) Corrección del agua por contenido de humedad de agregados.

$H_2O$  Corregida =  $233.0 \text{ l} - 804.3 \text{ kg} (0.001-0.01) - 829 \text{ kg} (0.022-0.015)$

$H_2O$  Corregida = 234.4 l

- l) Presentación del diseño en peso por metro cubico y corregido por humedad.

**Tabla 40.** Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.60.

DISEÑO DE LA MEZCLA (1m3)	
MATERIALES	PESO
Cemento	388.3 kg
Agua	234.4 lt
Agregado Fino	847.2 kg
Agregado grueso	805.1 kg
<b>Peso de la mezcla</b>	<b>2275.14 kg</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### Diseño de concreto de relación agua cemento 0.70

- a) Las propiedades de los agregados fino y grueso se muestran en la tabla.....
- b) La resistencia requerida será la resultante de la relación a/c 0.70
- c) El asentamiento estará entre 2" a 4".
- d) La relación agua/cemento será de 0.70
- e) La cantidad de agua de la mezcla para un asentamiento de entre 3" a 4" = 216 Lt/m<sup>3</sup> según la tabla ACI 211 pero por experiencias de laboratorio y por tener un agregado grueso de esquinas angulosas se corrigió la cantidad de agua adicionándole un 8% considerándose una cantidad de agua de diseño de 233 litros.
- f) La cantidad de cemento

$$0.70 = \frac{AGUA}{CEMENTO} \quad CEMENTO = \frac{233lt/m^3}{0.70} = 333.3 \text{ kg}/m^3$$

- g) El aire atrapado se obtuvo de la tabla 31 tomado del comité ACI 211 según el cual indica que el agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2" contiene un aire atrapado del 2.5%.

h) La cantidad del agregado grueso se calculó mediante la tabla del comité ACI 211 el cual relaciona el TNM del A.G. con el módulo de finura del agregado fino.

Con el módulo de finura del fino  $M_f=3.06$  y el TNM del Ag. grueso  $=1/2''$  y extrapolando obtenemos la relación del volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto:

$$\begin{array}{l} 3.06 \text{-----} X \\ 3.00 \text{-----} 0.53 \\ 2.80 \text{-----} 0.55 \end{array}$$

$$X = 0.55 - (3 - 2.8) * \left( \frac{0.55 - 0.53}{3.0 - 2.8} \right)$$

$$X = 0.524$$

Peso del agregado grueso:  $0.524 * P. \text{ Unit. Comp. del A.G.} = 804.3 \text{ kg}$

i) Volúmenes absolutos de los materiales para el cálculo del agregado fino.

**Tabla 41.** Presentación por volúmenes absolutos sin el A.F.

PRESENTACION POR VOLUMENES ABSOLUTOS			
Material	Peso seco	Peso espec.	Volumen
Cemento	333.3 kg	3120 kg/m <sup>3</sup>	0.107 m <sup>3</sup>
Agua	233 lt	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.233 m <sup>3</sup>
Agregado G	804.3 kg	2650 kg/m <sup>3</sup>	0.3035 m <sup>3</sup>
Aire %	2.5 %	0	0.025 m <sup>3</sup>
		Total	0.669 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

Volumen del Agregado Fino:  $1 - 0.669 \text{ m}^3 = 0.331 \text{ m}^3$

Cálculo del peso en estado seco del A.F.:  $0.331 \text{ m}^3 * 2640 \text{ kg/m}^3 = 874.8 \text{ kg}$

**Tabla 42. Presentación del diseño en estado seco.**

MATERIAL	PESO SECO/m3
Cemento	332.86 KG
Agua	233.00 lt
Agregado Fino	875.9 kg
Agregado grueso	804.3 kg
Aire	2.5 %
	2248.62 KG

**Fuente:** Elaboración propia

- j) Corrección por contenido de humedad de los agregados.

$$\text{Agregado fino corregido} = 875.9 \text{ kg} \times (1+0.022) = 895.2 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso corregido} = 804.3 \text{ kg} \times (1+0.001) = 805.1 \text{ kg}$$

- k) Corrección del agua por contenido de humedad de agregados.

$$H_2O \text{ Corregida} = 233.0 \text{ l} - 804.3 \text{ kg} (0.001-0.01) - 874.8 \text{ kg} (0.022-0.015)$$

$$H_2O \text{ Corregida} = 234.4 \text{ l}$$

- l) Presentación del diseño en peso por metro cubico y corregido por humedad.

**Tabla 43. Diseño de la mezcla para una relación a/c:0.70.**

DISEÑO DE LA MEZCLA (1m3)	
MATERIALES	PESO
Cemento	333.3 kg
Agua	234.4 lt
Agregado Fino	894.1 kg
Agregado grueso	805.1 kg
<b>Peso de la mezcla</b>	<b>2266.89 kg</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.3 Ensayo de Resistencia a compresión NTP 339.034

#### Resistencia a compresión a los 7 días

Luego de ser curadas por inmersión en agua durante 7 días, fueron sometidos a rotura 4 probetas de formato 4" x 8" por cada grupo de diseño de concreto.

**Tabla 44. Ensayo a compresión a 7 días de probetas cilíndricas.**

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm <sup>2</sup>	Carga maxima kgf	Resistencia a la compresion kgf/cm <sup>2</sup>
0.4	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	30575	374
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	30864	378
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	205	8012	30299	378
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	31008	379
0.5	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	23099	288
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	24779	303
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	25505	318
0.6	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	26412	323
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	21223	260
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	205	8012	20518	256
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	21010	257
0.7	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	20519	256
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	205	8012	15797	197
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	17072	209
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	15658	195
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	16467	202

**Fuente: Laboratorio Masterlem.**

### Resistencia a compresión a los 14 días

Luego de ser curadas por inmersión en agua durante 14 días, fueron sometidos a rotura 4 probetas de formato 4" x 8" por cada grupo de diseño de concreto.

**Tabla 45. Ensayo a compresión a 14 días de probetas cilíndricas.**

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm <sup>2</sup>	Carga maxima kgf	Resistencia a la compresion kgf/cm <sup>2</sup>
0.4	4/10/2021	18/10/2021	14	101	202	8012	33934	424
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	34054	417
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	34894	427
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	204	8012	33416	417
0.5	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	27726	346
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	27785	347
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	30427	380
0.6	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	30409	372
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	25926	317
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	24888	311
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	204	8012	23037	288
0.7	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	25178	308
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	204	8171	20530	251
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	20412	255
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	204	8012	20392	255
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	21024	257

**Fuente: Laboratorio Masterlem.**

## Resistencia a compresión a los 28 días NTP 339.034

Luego de ser curadas por inmersión en agua durante 28 días, fueron sometidos a rotura 4 probetas de formato 4" x 8" por cada grupo de diseño de concreto.

**Tabla 46.** Ensayo a compresión a 28 días de probetas cilíndricas.

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm <sup>2</sup>	Carga maxima kg	Resistencia a la compresion kg/cm <sup>2</sup>
0.4	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	36874	460
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	36929	461
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	205	8171	37236	456
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	36390	456
0.5	4/10/2021	1/11/2021	28	102	204	8171	31971	391
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	30757	384
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	30910	378
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	30506	381
0.6	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	26199	327
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	25187	314
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	204	8171	27583	338
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	204	8171	26925	330
0.7	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	20679	258
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	205	8171	21814	267
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	20706	258
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	20905	261

**Fuente:** Laboratorio Masterlem.

#### 4.4 Resultados de prueba Pull-Out ASTM C900

##### Fuerza de extracción a los 7 días

Luego de ser curadas por inmersión en agua durante 7 días, fueron sometidos a extracción 4 insertos embebidos en cada probeta cubica de formato 8" x 8" y por cada grupo de diseño de concreto.

**Tabla 47.** Fuerzas de extracción de insertos embebidos en probetas a los 7 días.

A/C	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	(P) Presión máx. de extracción - (kgf/cm <sup>2</sup> )	(F) Fuerza de extracción (F=14,721P-38,895) (kgf)
0.40	4/10/2021	11/10/2021	7	247.3	3602
	4/10/2021	11/10/2021	7	215.2	3129
	4/10/2021	11/10/2021	7	234.5	3414
	4/10/2021	11/10/2021	7	244.2	3557
0.50	4/10/2021	11/10/2021	7	156.0	2258
	4/10/2021	11/10/2021	7	171.8	2491
	4/10/2021	11/10/2021	7	190.2	2761
	4/10/2021	11/10/2021	7	163.2	2363
0.60	4/10/2021	11/10/2021	7	143.8	2078
	4/10/2021	11/10/2021	7	158.6	2296
	4/10/2021	11/10/2021	7	149.9	2168
	4/10/2021	11/10/2021	7	157.0	2273
0.70	4/10/2021	11/10/2021	7	121.3	1748
	4/10/2021	11/10/2021	7	127.0	1830
	4/10/2021	11/10/2021	7	105.0	1508
	4/10/2021	11/10/2021	7	113.2	1628

**Fuente:** Elaboración Propia.

### Fuerza de extracción a los 14 días

Luego de ser curadas por inmersión en agua durante 14 días, fueron sometidos a extracción 4 insertos embebidos en cada probeta cubica de formato 8" x 8" y por cada grupo de diseño de concreto.

**Tabla 48.** Fuerzas de extracción de insertos embebidos en probetas a los 14 días.

A/C	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	(P) Presión máx. de extracción - (kgf/cm <sup>2</sup> )	(F) Fuerza de extracción (F=14,721P-38,895) (kgf)
0.40	4/10/2021	18/10/2021	14	285.5	4165
	4/10/2021	18/10/2021	14	291.1	4247
	4/10/2021	18/10/2021	14	274.3	4000
	4/10/2021	18/10/2021	14	273.3	3985
0.50	4/10/2021	18/10/2021	14	188.6	2739
	4/10/2021	18/10/2021	14	173.3	2513
	4/10/2021	18/10/2021	14	198.8	2889
	4/10/2021	18/10/2021	14	171.3	2483
0.60	4/10/2021	18/10/2021	14	146.8	2123
	4/10/2021	18/10/2021	14	141.2	2041
	4/10/2021	18/10/2021	14	160.6	2326
	4/10/2021	18/10/2021	14	169.3	2453
0.70	4/10/2021	18/10/2021	14	127.5	1838
	4/10/2021	18/10/2021	14	137.7	1988
	4/10/2021	18/10/2021	14	123.9	1785
	4/10/2021	18/10/2021	14	125.9	1815

**Fuente:** Elaboración Propia.

## Fuerza de extracción a los 28 días

Luego de ser curadas por inmersión en agua durante 28 días, fueron sometidos a extracción 4 insertos embebidos en cada probeta cubica de formato 8" x 8" y por cada grupo de diseño de concreto.

**Tabla 49.** Fuerzas de extracción de insertos embebidos en probetas a los 28 días.

A/C	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	(P) Presión máx. de extracción - (kgf/cm <sup>2</sup> )	(F) Fuerza de extracción (F=14,721P-38,895) (kgf)
0.40	4/10/2021	1/11/2021	28	291.6	4255
	4/10/2021	1/11/2021	28	287.0	4187
	4/10/2021	1/11/2021	28	298.8	4360
	4/10/2021	1/11/2021	28	293.2	4277
0.50	4/10/2021	1/11/2021	28	193.2	2806
	4/10/2021	1/11/2021	28	202.4	2941
	4/10/2021	1/11/2021	28	189.7	2754
	4/10/2021	1/11/2021	28	201.4	2926
0.60	4/10/2021	1/11/2021	28	179.5	2604
	4/10/2021	1/11/2021	28	168.8	2446
	4/10/2021	1/11/2021	28	171.8	2491
	4/10/2021	1/11/2021	28	177.4	2574
0.70	4/10/2021	1/11/2021	28	141.7	2048
	4/10/2021	1/11/2021	28	149.4	2161
	4/10/2021	1/11/2021	28	156.5	2266
	4/10/2021	1/11/2021	28	148.4	2146

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 4.5 Correlación de resultados

Antes de hallar la correlación, ha de verificarse que los resultados de resistencias a compresión de las probetas sean correctos. Para esto el comité ACI 214 ha publicado en la guía ACI 214RS-11, una tabla con rangos de desviación estándar y coeficientes de variación, que ha de cumplir el concreto.

**Tabla 50. Verificación de la calidad del concreto según norma.**

Desviación Estándar, s para la población total			Coeficiente de variación, V dentro de la prueba	Estándar de control de calidad
kg/cm <sup>2</sup>	Mpa	psi	%	
Hasta 28	Hasta 2.8	Hasta 400	<3.0	Excelente
28 a 35	2.8 a 3.4	400 a 500	3.0 a 4.0	Muy bueno
35 a 42	3.4 a 4.1	500 a 600	4.0 a 5.0	Bueno
42 a 49	4.1 a 4.8	600 a 700	5.0 a 6.0	Aceptable
> 49	> 4.8	> 700	>6	Deficiente

**Fuente:** ACI 214RS-11.

### **Desviación Estándar y coeficiente de variación de las resistencias**

Suele haber variación en los resultados de resistencia del concreto, por lo general debido a dos fuentes los cuales son mencionados en la guía para la evaluación de resultados del ACI 214RS-11.

\* Las variaciones causadas por alteraciones de los agregados del concreto, relación agua/cemento, el transporte, el mezclado, la colocación, el muestreo, el curado.

\* Variaciones durante la realización de los ensayos, a causa de diferencias en la toma de muestras, la preparación del espécimen y los procedimientos del ensayo.

### **Desviación estándar**

Este valor mide la variabilidad de las resistencias medidas en los ensayos a compresión del concreto, este se determina de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$\sigma$  : Desviación Estándar de un conjunto de datos.

x : Valor de un conjunto de datos.

$\bar{x}$ : Promedio de los datos

n: Numero de datos de la muestra

La fórmula anterior para la desviación estándar es para un número de datos inferior a 30, en caso los datos sean superior a este número se utilizará la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}$$

### Coefficiente de variación

Se denomina coeficiente de variación a la desviación estándar presentada como un porcentaje de la resistencia media, dicho valor representa el grado de dispersión de los datos.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$$

V : Coeficiente de variación

$\sigma$  : Desviación estándar

$\bar{x}$ : Resistencia media de los datos

**Tabla 51.** Coeficientes de variación menores a 1.2, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de excelentes.

A/C	Edad en días	Resistencias del concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencias (kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
0.40	7	374	377	2.08	0.55
		378			
		378			
		379			
	14	424	421	5.04	1.20
		417			
		427			
		417			
	28	460	458	3.30	0.73
		461			
		456			
		454			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 52.** Coeficientes de variación igual o menores a 5.09, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de aceptables.

A/C	Edad en días	Resistencias del concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencias (kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
0.50	7	288	308	15.70	5.09
		303			
		318			
		323			
	14	346	361	17.34	4.80
		347			
		380			
		372			
	28	391	384	5.60	1.47
		384			
		378			
		381			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 53.** Coeficientes de variación igual o menores a 4.20, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de buenos.

A/C	Edad en días	Resistencias del concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencias (kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
0.60	7	260	257	1.71	0.67
		256			
		257			
		256			
	14	317	306	12.84	4.20
		311			
		288			
		308			
	28	327	327	9.60	2.94
		315			
		338			
		330			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 54.** Coeficientes de variación igual o menores a 2.79, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de excelentes.

A/C	Edad en días	Resistencias del concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencias (kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
0.70	7	197	201	5.62	2.79
		209			
		197			
		202			
	14	251	255	2.48	0.97
		255			
		255			
		257			
	28	258	261	4.10	1.57
		267			
		258			
		261			

**Fuente:** Elaboración propia

Se verificaron de la misma manera los coeficientes de variación para los resultados de extracciones obteniéndose los resultados y valoraciones siguientes.

**Tabla 55.** Coeficientes de variación igual o menores a 3.59, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de muy buenos.

A/C	Edad en días	Fuerza de extracción (kgf)	Promedio de resistencias (kgf)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
0.40	7	3602	3425	123	3.59
		3129			
		3414			
		3557			
	14	4165	4099	74	1.81
		4247			
		4000			
		3985			
	28	4255	4270	41	0.96
		4187			
		4360			
		4277			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 56.** Coeficientes de variación iguales o menores a 5.08, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de aceptables.

A/C	Edad en días	Fuerza de extracción (kgf)	Promedio de resistencias (kgf)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
0.50	7	2258	2468	125	5.08
		2491			
		2761			
		2363			
	14	2739	2656	111	4.18
		2513			
		2889			
		2483			
	28	2806	2857	53	1.85
		2941			
		2754			
		2926			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 57.** Coeficientes de variación iguales o menores a 4.86, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de buenos.

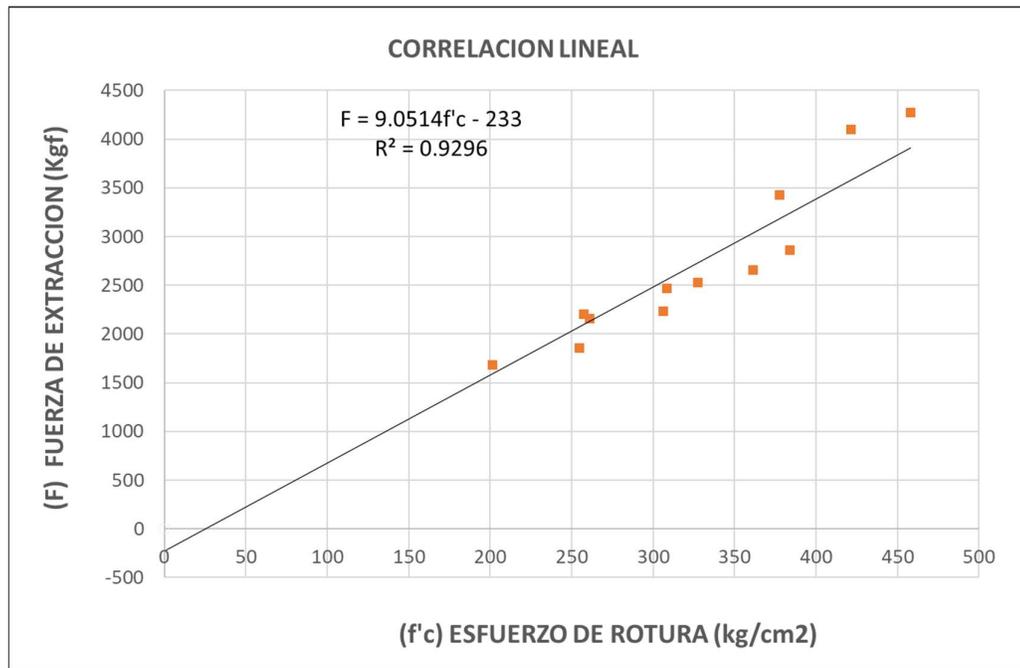
A/C	Edad en días	Fuerza de extracción (kgf)	Promedio de resistencias (kgf)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
0.60	7	2078	2204	58	2.63
		2296			
		2168			
		2273			
	14	2123	2236	109	4.86
		2041			
		2326			
		2453			
	28	2604	2528	42	1.66
		2446			
		2491			
		2574			

**Fuente:** Elaboración propia.

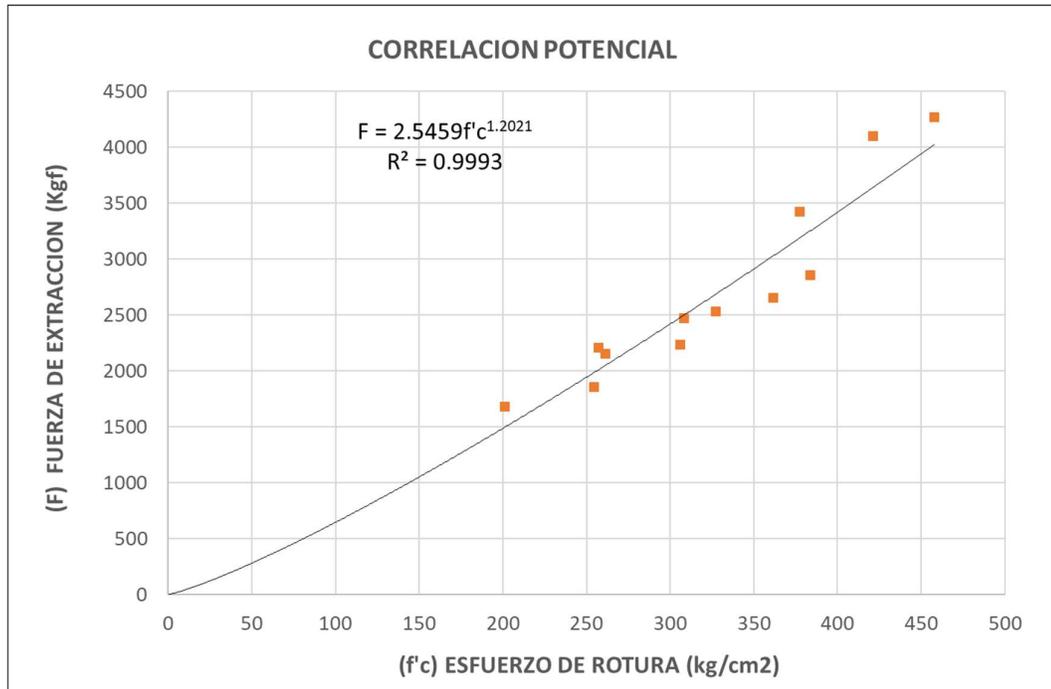
**Tabla 58.** Coeficientes de variación iguales o menores a 4.85, por lo que según la tabla 50. de los controles de calidad de las resistencias del concreto reciben una calificación de buenos.

A/C	Edad en días	Fuerza de extracción (kgf)	Promedio de resistencias (kgf)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
0.70	7	1748	1678	81	4.85
		1830			
		1508			
		1628			
	14	1838	1857	52	2.80
		1988			
		1785			
		1815			
	28	2048	2155	51	2.39
		2161			
		2266			
		2146			

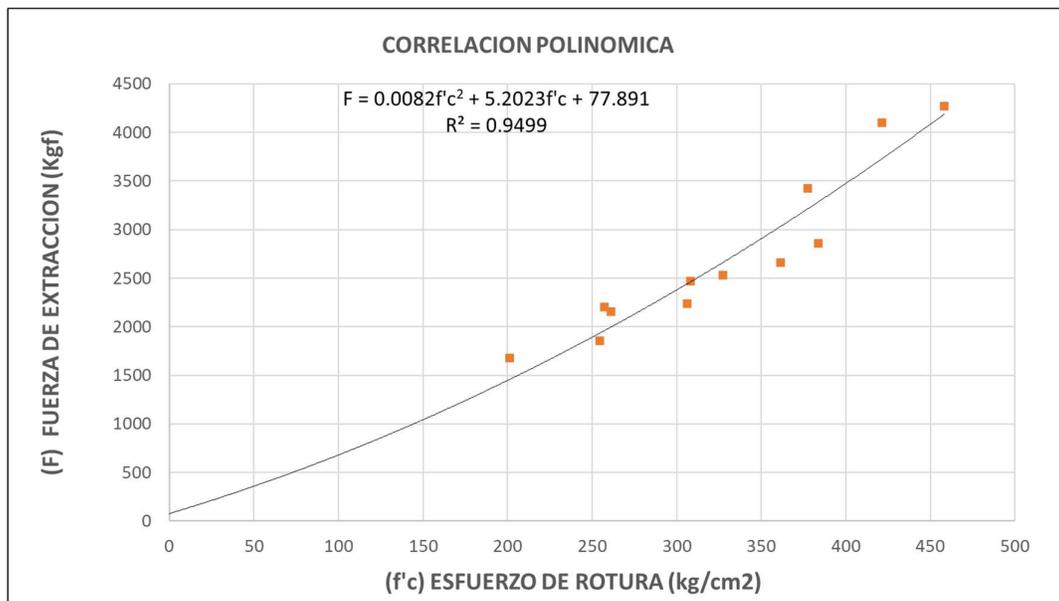
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 18.** Regresión de forma lineal para la correlación entre fuerzas de extracción y esfuerzos de rotura de probetas.



**Figura 19.** Regresión de forma potencial para la correlación entre fuerzas de extracción y esfuerzos de rotura de probetas.



**Figura 20.** Regresión de forma polinómica para la correlación entre fuerzas de extracción y esfuerzos de rotura de probetas.

**Tabla 59.** Cálculos de verificación de error en la función lineal.

ERROR DE LA FUNCIÓN LINEAL RESPECTO A $\bar{X}$ DE LAS MUESTRAS						
$f'c = 0.1027(F) + 45.148$						
IDENTIFICACION		$\bar{X}$ de $f'c$ de Roturas	F: fuerza de Extracción	$f'c$ (obtenida de función)	Ea	Er
(a/c)	(días)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)
0.40	28	458	4270	484	25.7	5.6
	14	421	4099	466	44.8	10.6
	7	377	3425	397	19.5	5.2
0.50	28	384	2857	339	45.2	11.8
	14	361	2656	318	43.5	12.0
	7	308	2468	299	9.7	3.1
0.60	28	327	2528	305	22.5	6.9
	14	306	2236	275	31.3	10.2
	7	257	2204	271	14.1	5.5
0.70	28	261	2155	266	5.2	2.0
	14	255	1857	236	18.8	7.4
	7	201	1678	218	16.3	8.1

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 60.** Cálculos de verificación de error en la función potencial.

ERROR DE LA FUNCIÓN POTENCIAL RESPECTO A $\bar{X}$ DE LAS MUESTRAS						
$f'c = 0.4614(F)^{0.8313}$						
IDENTIFICACION		$\bar{X}$ de $f'c$ de Roturas	F: fuerza de Extracción	$f'c$ (obtenida de función)	Ea	Er
(a/c)	(días)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)
0.40	28	458	4270	481	22.9	5.0
	14	421	4099	465	43.5	10.3
	7	377	3425	400	23.0	6.1
0.50	28	384	2857	344	39.4	10.3
	14	361	2656	324	37.3	10.3
	7	308	2468	305	3.4	1.1
0.60	28	327	2528	311	16.2	4.9
	14	306	2236	281	25.2	8.2
	7	257	2204	278	20.1	7.8
0.70	28	261	2155	272	11.1	4.3
	14	255	1857	241	13.9	5.5
	7	201	1678	221	20.1	10.0

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 61.** Cálculos de verificación de error en la función polinómica de grado 2

ERROR DE LA FUNCIÓN POLINOMIAL RESPECTO A $\bar{X}$ DE LAS MUESTRAS $f'c = -0.00001(F)^2 + 0.1609(F) - 7.0236$						
IDENTIFICACION		$\bar{X}$ de $f'c$ de Roturas	F: fuerza de Extracción	$f'c$ (obtenida de función)	Ea	Er
(a/c)	(días)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)
0.40	28	458	4270	498	39.7	8.7
	14	421	4099	484	63.2	15.0
	7	377	3425	427	49.4	13.1
0.50	28	384	2857	371	12.7	3.3
	14	361	2656	350	11.6	3.2
	7	308	2468	329	20.9	6.8
0.60	28	327	2528	336	8.6	2.6
	14	306	2236	303	3.3	1.1
	7	257	2204	299	41.6	16.2
0.70	28	261	2155	293	32.0	12.3
	14	255	1857	257	2.7	1.0
	7	201	1678	235	33.6	16.7

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 62.** Modelos de regresión y sus respectivos indicadores de variación

Modelos de regresión	Ecuaciones	R2	Er $\bar{X}$ (%)
Lineal	$f'c = 0.1027(F) + 45.148$	0.9296	7.9
Potencial	$f'c = 0.4614(F)^{0.8313}$	0.9993	7.2
Polinomial G2	$f'c = -0.00001(F)^2 + 0.1609(F) - 7.0236$	0.9499	8.0

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.6 Validación de hipótesis

Para poder realizar verificación de las hipótesis se efectuó la consideración de los datos de los ensayos de resistencia del concreto y de fuerzas de extracción del Pull Out a las probetas de concreto diseñadas con relación agua/cemento de  $a/c=0.40$ ,  $a/c=0.50$ ,  $a/c=0.60$  y  $a/c=0.70$

Para la consideración de los datos en las hipótesis se requiere que estos tengan origen de distribuciones normales por lo cual se procedió a verificarlo previamente mediante IBM SPSS Statistics.

**Tabla 63.** Pruebas de Normalidad de las resistencias a rotura de los cilindros de concreto, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.

Edad	Tipo de concreto usado	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
7 días	a/c=0.40	,382	4	.	,801	4	,103
	a/c=0.50	,236	4	.	,940	4	,653
	a/c=0.60	,303	4	.	,791	4	,086
	a/c=0.70	,273	4	.	,852	4	,233
14 días	a/c=0.40	,300	4	.	,842	4	,200
	a/c=0.50	,294	4	.	,839	4	,193
	a/c=0.60	,313	4	.	,881	4	,341
	a/c=0.70	,329	4	.	,895	4	,406
28 días	a/c=0.40	,252	4	.	,916	4	,513
	a/c=0.50	,214	4	.	,957	4	,759
	a/c=0.60	,229	4	.	,974	4	,866
	a/c=0.70	,275	4	.	,871	4	,304

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 64.** Evaluación de Normalidad de las resistencias a rotura de los cilindros de concreto, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.

Descripción		P-Valor	$\alpha$	Regla de decisión
Resistencia a Rotura de cilindros de concreto a 7 días de edad.	a/c=0.40	,103	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.50	,653	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.60	,086	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.70	,233	0.05	P-valor > $\alpha$
Resistencia a Rotura de cilindros de concreto a 14 días de edad.	a/c=0.40	,200	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.50	,193	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.60	,341	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.70	,406	0.05	P-valor > $\alpha$
Resistencia a Rotura de cilindros de concreto a 28 días de edad.	a/c=0.40	,513	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.50	,759	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.60	,866	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.70	,304	0.05	P-valor > $\alpha$

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 65.** Pruebas de Normalidad para las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.

Edad	Tipo de concreto usado	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
7 días	a/c=0.40	,231	4	.	,892	4	,391
	a/c=0.50	,208	4	.	,952	4	,727
	a/c=0.60	,254	4	.	,921	4	,541
	a/c=0.70	,189	4	.	,980	4	,901
14 días	a/c=0.40	,281	4	.	,878	4	,329
	a/c=0.50	,271	4	.	,899	4	,424
	a/c=0.60	,226	4	.	,948	4	,702
	a/c=0.70	,331	4	.	,840	4	,195
28 días	a/c=0.40	,210	4	.	,984	4	,926
	a/c=0.50	,276	4	.	,881	4	,342
	a/c=0.60	,232	4	.	,937	4	,638
	a/c=0.70	,224	4	.	,971	4	,849

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 66.** Evaluación de Normalidad de las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Kolmogorov- Smirnov y Shapiro Wilk, calculado en SPSS.

Descripción		P-Valor	$\alpha$	Regla de decisión
Fuerzas de extracción de insertos en concreto a 7 días de edad.	a/c=0.40	,391	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.50	,727	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.60	,541	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.70	,901	0.05	P-valor > $\alpha$
Fuerzas de extracción de insertos en concreto a 14 días de edad.	a/c=0.40	,329	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.50	,424	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.60	,702	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.70	,195	0.05	P-valor > $\alpha$
Fuerzas de extracción de insertos en concreto a 28 días de edad.	a/c=0.40	,926	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.50	,342	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.60	,638	0.05	P-valor > $\alpha$
	a/c=0.70	,849	0.05	P-valor > $\alpha$

**Fuente:** Elaboración propia.

### Hipótesis de Investigación 1

**Paso 1: Formulación de hipótesis, (Ho) Hipótesis nula, (H1) Hipótesis alternativa.**

**Ho:** Las variaciones de relación a/c de la mezcla no influyen en las fuerzas de extracción del Pull-Out test.

**H1:** Las variaciones de relación a/c de la mezcla influyen en las fuerzas de extracción del Pull-Out test.

### Paso 2: Nivel de significancia

Se considera un nivel de significancia de  $\alpha= 0.05$  (5%). Que sería un intervalo de confianza del 95%.

### Paso 3: Tipo de prueba estadística

El estudio es Longitudinal, puesto que se evalúa fuerza de extracción de insertos embebidos en el concreto a través del tiempo a 4 grupos cuyas variables son numéricas, por lo tanto, la prueba a emplear será ANOVA para muestras correlacionadas.

#### **Paso 4: Lectura de P- Valor**

Para corroborar si la variable en los grupos se distribuye normalmente se utiliza la prueba de Kolmogorov – Smirnov cuando las muestras son grandes o Shapiro Wilk cuando las muestras son pequeñas. Como en nuestro caso tenemos muestras menores a 30 trabajaremos con la prueba Shapiro Wilk.

El criterio para determinar si tenemos una distribución normal en los datos será la siguiente:

P-valor  $\geq \alpha$  Acepta **H<sub>0</sub>** = Los datos provienen de una distribución **normal**.

P-valor  $< \alpha$  Acepta **H<sub>1</sub>** = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

Conclusión: De las tablas 64 y 66 se verifica que en todas las evaluaciones el P-Valor es mayor al nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, concluimos que las variables en todos los grupos tienen un comportamiento normal.

#### **Paso 5: Prueba de Levine de la Homogeneidad de Varianzas**

El criterio para determinar si existe homogeneidad de varianzas en los datos será la siguiente:

P-valor  $> \alpha$  Acepta **H<sub>0</sub>** = Existe homogeneidad de **Varianzas**.

P-valor  $< \alpha$  Acepta **H<sub>1</sub>** = **No** existe homogeneidad de **Varianzas**.

**Tabla 67.** Evaluación de homogeneidad de varianzas de las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Levine, calculado en SPSS.

	Estadístico de Levine	gl1	Gl2	Sig.
F. de extracción 7 días.	,663	3	12	,591
F. de extracción 14 días.	2,699	3	12	,093
F. de extracción 28 días.	,342	3	12	,795

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Dado que el P-valor es mayor a la significancia para todas las fuerzas de extracción para todos los casos, se acepta la hipótesis de nula por lo tanto existe homogeneidad de varianzas.

**Paso 6: Cálculo del P-Valor de la Prueba ANOVA.**

**Tabla 68.** Prueba ANOVA de las fuerzas de extracción del método Pull-Out, por Levine, calculado en SPSS.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>F. de extracción 7 días</b>	Inter-grupos	6430562,500	3	2143520,833	69,937	,000
	Intra-grupos	367791,500	12	30649,292		
	Total	6798354,000	15			
<b>F. de extracción 14 días</b>	Inter-grupos	11545171,25	3	3848390,417	158,661	,000
	Intra-grupos	291064,500	12	24255,375		
	Total	11836235,75	15			
<b>F. de extracción 28 días</b>	Inter-grupos	10237948,75	3	3412649,583	510,882	,000
	Intra-grupos	80159,000	12	6679,917		
	Total	10318107,75	15			

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Decisión Estadística**

Si P-valor >  $\alpha$ , Acepta la hipótesis Nula (H0).

P-valor <  $\alpha$ , Rechaza (H0) y Acepta la hipótesis Alternativa (H1).

De la evaluación obtenida, se verifica que el P-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha$ , por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acoge la hipótesis alternativa (H1) para las cuatro relaciones a/c = 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70.

## Hipótesis de Investigación 2

**Paso 1: Formulación de hipótesis, (Ho) Hipótesis nula, (H1) Hipótesis alternativa.**

**Ho: No existe** correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura.

**H1: Existe** correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura.

## **Paso 2: Nivel de significancia**

Se considera un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  (5%). Que sería un intervalo de confianza del 95%.

## **Paso 3: Tipo de prueba estadística**

El estudio es Longitudinal, puesto que se evalúa la resistencia y fuerza de extracción del concreto a través del tiempo a 2 grupos cuyas variables son numéricas, por lo tanto, la prueba a emplear será “t” de student para muestras correlacionadas.

## **Paso 4: Lectura de P- Valor**

Para corroborar si la variable en los grupos se distribuye normalmente se utiliza la prueba de Kolmogorov – Smirnov cuando las muestras son grandes o Shapiro Wilk cuando las muestras son pequeñas. Como en nuestro caso tenemos muestras menores a 30 trabajaremos con la prueba Shapiro Wilk.

El criterio para determinar si tenemos una distribución normal en los datos será la siguiente:

P-valor  $\geq \alpha$  Acepta **Ho** = Los datos provienen de una distribución **normal**.

P-valor  $< \alpha$  Acepta **H1** = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

Conclusión: De las tablas 64 y 66 se verifica que en todas las evaluaciones el P-Valor es mayor al nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, concluimos que las variables en todos los grupos provienen de una distribución normal.

**Paso 5: Cálculo del P-Valor de la Prueba: T de Student para muestras correlacionadas.**

Se realizó la prueba estadística T de student para muestras correlacionadas entre las medias de las resistencias a compresión de los resultados de rotura de los cilindros y las resistencias a compresión calculadas a partir de las fuerzas de extracción mediante el uso de las funciones de regresión.

**Tabla 69.** Prueba T student de muestras emparejadas, calculado en SPSS.

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Resistencias de Rotura de cilindros & Resistencias calculadas de la función de correlación lineal.	12	,941	,000
Par 2	Resistencias de Rotura de cilindros & Resistencias calculadas de la función de correlación potencial.	12	,946	,000
Par 3	Resistencias de Rotura de cilindros & Resistencias calculadas de la función de correlación polinómica de 2° grado.	12	,952	,000

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Decisión Estadística**

Si P-valor >  $\alpha$ , Acepta la hipótesis Nula (H0).

P-valor <  $\alpha$ , Rechaza (H0) y Acepta la hipótesis Alternativa (H1).

De los resultados obtenidos, se verifica que el P-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1) para la correlación entre las medias de las resistencias a rotura y las resistencias de concreto obtenidas de las tres funciones de correlación.

### Hipótesis de Investigación 3

**Paso 1: Formulación de hipótesis, (H<sub>0</sub>) Hipótesis nula, (H<sub>1</sub>) Hipótesis alternativa.**

**H<sub>0</sub>: No Existe** un nivel de correlación fuerte entre los resultados de los ensayos Pull-Out y de Rotura.

**H<sub>1</sub>: Existe** un nivel de correlación fuerte entre los resultados de los ensayos Pull-Out y de Rotura.

Los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) hallados fueron:

Función de correlación lineal: 0.9296

Función de correlación potencial: 0.9993

Función de correlación polinomial: 0.9499

El criterio de evaluación será la interpretación de Pearson, el cual se expone en el siguiente cuadro.

**Tabla 70.** Interpretación de Pearson para los coeficientes de correlación.

<ul style="list-style-type: none"><li>● - 0.90 = Correlacion negativa muy fuerte.</li><li>● - 0.75 = Correlacion negativa considerable.</li><li>● - 0.50 = Correlacion negativa media.</li><li>● - 0.10 = Correlacion negativa débil.</li><li>● <b>0.00 = NO EXISTE CORRELACION.</b></li><li>● + 0.10 = Correlacion positiva débil.</li><li>● + 0.50 = Correlacion positiva media.</li><li>● + 0.75 = Correlacion positiva considerable.</li><li>● + 0.90 = Correlacion positiva fuerte.</li><li>● + 1.00 = <b>Correlacion positiva perfecta</b></li></ul>
--

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Se acepta la hipótesis (H<sub>1</sub>). Por lo tanto, se puede precisar que existe una correlación positiva fuerte.

## V DISCUSIÓN

- Según los resultados de laboratorio de los agregados y bajo conocimiento que la relación a/c está relacionada con la resistencia a compresión del concreto, se realizaron 4 diseños de mezcla con graduaciones de a/c de 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70. Con dichas mezclas se elaboraron probetas cilíndricas para ensayarlas a compresión y probetas cubicas con insertos embebidos para ensayarlas a extracción a los 7, 14 y 28 días. Con los resultados obtenidos según su diseño y edad de ensayo se obtuvieron las medias, resultados pareados fuerza-esfuerzo, con los cuales se realizó un análisis regresiones. Se obtuvieron curvas de correlación con la finalidad de obtener el mejor ajuste representativo de la correlación. Así mismo realice algunas comparaciones respecto a los resultados obtenidos, los cuales detallo a continuación:
  - Según MARTÍNEZ, José (2018), en su investigación expuso las experiencias de investigadores y las propias de correlación entre el método semi destructivo para la evaluación del concreto pull-out test y de rotura de núcleos extraídos de concreto presenta los resultados obtenidos de correlación cuya función representativa brinda un coeficiente de correlación de  $R^2: 0.96$ . En contraste en mi investigación encontré que entre los resultados de rotura de probetas estándar y del Pull-Out test un coeficiente de correlación de  $R^2: 0.9993$  lo cual brinda un coeficiente de correlación aún mayor en comparación a estudio citado.
- Según LATTE, Bovio et al (2014), en su artículo científico afirma que realizo experimentos en probetas simulando con la prensa estados de servicio con compresión y sin compresión simultáneamente al ensayo Pull-Out para tres tipos de concretos por el método Pull-Out y el uso de un nuevo tipo de inserto. Estos resultados fueron usados para calcular las medias y presentar curvas de correlación comparativas entre ellas y con la curva de extracción del estándar europeo. Se obtuvieron valores bajos de dispersión lo cual

refleja bajo nivel de error. Así mismo, las curvas de calibración al acercarse a la forma potencial a diferencia del estándar europeo, la cual se presenta de forma lineal. Los coeficientes de correlación obtenidos fueron,  $R^2=0.9885$  para extracciones en estado de compresión a 10MPa,  $R^2: 0.999$  para extracciones en estado a compresión de 0 MPa,  $R^2=0.9866$  para estado a compresión de 5 MPa y  $R^2=0.9964$  para un estado de tracción no uniforme. Se puede comparar de la citada investigación, el coeficiente de correlación encontrada de la curva mediante ensayos a probetas en estado de compresión de 0 MPa, que sería semejante a las condiciones de ensayo que realice. La forma de la curva con un nivel de correlación calculada de  $R^2: 0.9993$ . fue la de forma potencial, por lo cual se confirma la investigación comentada líneas arriba.

- Según DENG et al (2020), en su artículo afirma que buscaron representar curvas de correlación entre la resistencia a compresión y las del ensayo Pull-Out así como también con el martillo de rebote, para muestras de concreto con adiciones de fibra de polipropileno, fibra de carbono y una mezcla de ambas. Para los cuales buscaron representar la correlación con modelos lineales, exponenciales y potenciales, de entre los cuales el modelo lineal resultó ser el de mejor representatividad. En contraste con mi investigación el modelo de mejor representatividad fue el modelo potencial, por lo cual se podría decir que las adiciones de fibras tienden a modificar la representatividad del modelo matemático de correlación potencial a lineal.

## VI CONCLUSIONES

- Se determinó que debido a haber obtenido una calificación de correlación fuerte en la correlación entre ensayos de rotura y ensayos Pull-Out test, dicha correlación es válida para estimar la resistencia a compresión del concreto de la presente investigación.
- Se determinó que las variaciones de relación agua/cemento de la mezcla influyen en las fuerzas de extracción. Así mismo se demostró que las variaciones de relación agua/cemento resultaron tener una relación inversa con las fuerzas de extracción semejante a lo que ocurre con la resistencia a compresión.
- Se determinó que si existe correlación entre los resultados Pull-Out test y ensayo de rotura en el rango de resistencia investigado. Pues se verificaron los resultados de ensayos pareados por ambos métodos al concreto, en 12 niveles de resistencia distanciados por su relación a/c y días de curado, quedando confirmado.
- Se determinó que el nivel de correlación existente entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura tiene un valor de  $R^2= 0.993$  para la correlación potencial mediante el que obtiene una calificación de correlación fuerte.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar un mayor número de ensayos con el objetivo de corroborar si la correlación logra refinarse e incrementarse el coeficiente de correlación (R).
2. Se sugiere tener cuidado en el posicionamiento de los insertos, pues estos deben tener una ubicación perpendicular a la superficie a fin de tener una distribución de los esfuerzos de forma óptima durante la extracción.
3. Se sugiere realizar extracciones con diámetros mayores de anillo de contra tracción a fin de verificar la viabilidad de hacer uso del Pull-Out test para concretos con agregado grueso de 3/4" y verificar si el error sea razonablemente aceptable para su aplicación.
4. Se sugiere realizar la correlación con materiales de otras canteras a fin de verificar si la correlación es afectada por variaciones en la composición de los agregados de distintos orígenes.
5. Se sugiere realizar investigaciones para la colocación del inserto en concreto endurecido, a fin de realizar el ensayo Pull-Out test en estructuras de edades avanzadas.

## REFERENCIAS

AL-SABAH, Salam y ALAM SOURAV, Shah Nur y MCNALLY, Ciaran. The post-installed screw pull-out test: Development of a method for assessing in-situ concrete compressive strength [en línea], julio 2020, n° 33. [fecha de consulta 25 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101658>  
ISSN: 2352-7102

ALI-BENYAHIA, Khoudja et al. Analysis of the single and combined non-destructive test approaches for on-site concrete strength assessment: General statements based on a real case-study. Vol.6: p109-119, 2017.  
ISSN: 2214-5095

American concrete institute committee 211. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete. Michigan: ACI 211, 1991.

American Society for Testing and Materials (EE. UU.) ASTM C39. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. West Conshohocken: ASTM, 2016, 7 pp.

American Society for Testing and Materials (EE. UU.) ASTM C900-15. Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete. West Conshohocken: ASTM, 2015, 10 pp.

BRENCICH A. A Post-installed insert for pull-out tests on concrete up to 70MPa. Construction & Building Materials, vol. 95: p788-801, 2015.  
ISSN: 0950-0618

CHEN, Tie-Lin et al. Numerical simulation of the debonding process in pull-out tests of near-surface mounted FRP rod in concrete. Engineering Computations, vol. 37: p1109-1130, 2019.  
ISSN: 0264-4401

NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA. Método de Ensayo. Resistencia a la extracción por deslizamiento (Pull-Out) del concreto endurecido. Guatemala: NTG 41017 h26, 2015. 25 pp.

NORMA TÉCNICA PERUANA: AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima: NTP 400.037, 2014. 26 pp.

NORMA TÉCNICA PERUANA: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. Lima: NTP 400.017, 2011. 32pp.

NORMA TÉCNICA PERUANA: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima: NTP 400.022, 2013. 25pp.

NORMA TÉCNICA PERUANA: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima: NTP 339.185, 2013. 13pp.

NORMA TÉCNICA PERUANA: CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos. Lima: NTP 334.090, 2013. 41pp.

NORMA TÉCNICA PERUANA: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima: NTP 339.034, 2008. 22pp.

CONG, Xinyu, ZHOU, Wei y ELCHALAKANI, Mohamed. Bond performance of reinforced alkali-activated composites using water-quenched slag as alternative fine aggregates. Structures, vol. 24: p137-150, 2020.

ISSN: 2352-0124

D'ANTINO, Tommaso et al. A New Pull-Out Test to Study the Bond Behavior of Fiber Reinforced Cementitious Composites. Key Engineering Materials, vol 747: p258-265, 2017.

ISSN: 1013-9826

DENG Peng et al. Revised Rebound Hammer and Pull-Out Test Strength Curves for Fiber-Reinforced Concrete [en línea], febrero 2020, vol. 2020. [fecha de consulta 26 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/8263745>

ISSN: 1537-744X

DE OLIVEIRA, Dênio, DE OLIVEIRA, Andrielli y DA COSTA, Viviane. Pull-out tests on handcrafted headed studs. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures & Buildings, vol. 172: p625-631, 2019.

ISSN: 0965-0911

GAVILÁN, Sergio. Utilización del ensayo APULOT en la determinación de la resistencia "in situ" del hormigón. X Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras, Santiago de Chile 4-6 junio 2014.

GUEVARA, Genesis. Efecto de la Variación agua/cemento en el concreto. Tecnología en Marcha, Vol.25: p80-86, 2012.

ISSN: 0379-3982

GRECO, Fabrizio, LEONETTI, Lorenzo y LUCIANO, Raimondo. A multiscale model for the numerical simulation of the anchor bolt pull-out test in lightweight aggregate concrete. Construction and Building Materials, vol.95: p860-874, 2015.

ISSN: 0950-0618

HERNANDEZ, Karla. Pruebas destructivas y no destructivas para la verificación de la resistencia a la compresión del concreto en el lugar [en línea]. Octubre 2017, (8). [fecha de consulta 13 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://tlamati.uagro.mx/t83e/t83eVII15.pdf>

ISSN: 2007-2066

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 613pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

J. Helal, M. Sofi, P. Mendis. Non-Destructive Testing of Concrete: A Review of Methods. Electronic Journal of Structural Engineering. vol.14: p97-105, 2015.  
ISSN: 1443-9255

LATTE, Bovio et al. A New Pull-Out Technique for In-Place Estimation of Concrete Compressive Strength. [en línea], febrero 2014, (2014).[fecha de consulta 15 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2014/984341>  
ISSN: 2356-6140

LEE, Ghang, KO, Hunebum y WON, Jongsung. Effectiveness of a Simplified Pullout Test Using a Post-Installable Break-Off Bolt [en línea], marzo 2013, vol. 24. [fecha de consulta 22 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=84923617&lang=es&site=eds-live>.  
ISSN: 0934-9847

MANUEL, Borja. 2012. Metodología de la investigación Científica para ingenieros. Chiclayo Perú: Universidad Cesar Vallejo Perú, 2012.

MARTÍNEZ, José. Pruebas no destructivas y semi-destructivas para la verificación de la resistencia a la compresión del concreto en el lugar. Tesis (para el grado de Maestría). México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2018

Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú) NTE E. 060. Concreto Armado. Lima: Digigraf Corp. SA, 2009. 205 pp.  
ISBN 978-9972-9433-4-8

MOCZKO Andrzej, CARINO Nicholas y PETERSEN Claus. CAPO-TEST to Estimate Concrete Strength in Bridges [en línea], diciembre 2016, vol.113. [fecha de consulta 25 de noviembre de 2020]. Disponible en:

<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=51689242>

ISSN 0889-325x

MOCZKO, Andrzej, ANDREEW, Vladimir y MOCZKO, Marta. Concrete quality testing in existing structures. Methods of European standards. Moscow State University of Civil Engineering, vol.14: p967-975, 2019.

ISSN: 1997-0935

OTTAZZI, Gianfranco. Diseño en concreto armado. Lima, Perú: Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto, 2011. 500pp.

ISBN: 978-612-45252-0-9

PIVONKA, Peter, LACKNER, Roman y MANG, Herbert A. Concrete Subjected to Triaxial Stress States: Application to Pull-Out Analyses. Journal of Engineering Mechanics, vol. 130: p1486-1498, 2004.

ISSN: 0733-9399

RICARDO, Cruz et al. Evaluación de Ensayos No Destructivos para identificar deterioro en Puentes de Concreto. Revista Colombiana de Materiales, vol. 5: p55-60, 2014.

ISSN: 2256-1013

SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 3 ed. Bogotá D.C: bhandar editores Ltda, 1996. 349pp.

ISBN: 9589247040

SACHS, Jeffrey. The end of poverty economic possibilities for our time. 1 ed. New York: The Penguin Press, 2005. 396pp.

ISBN 1-59420-045-9

SOURAV, Shah Nur Alam, SALAM AL-SABAH, Abd, MCNALLY, Ciaran. Strength assessment of in-situ concrete for the evaluation of structural capacity: State of the art. [s. l.], 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10197/8250>

SHEN, Dejian et al. Bond stress–slip relationship between basalt fiber-reinforced polymer bars and concrete using a pull-out test. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 35: p747-763, 2016.

ISSN: 0731-6844

VALENCIA, Gabriela e IBARRA, Miguel. Estudio Experimental para determinar Patrones de Correlación entre la Resistencia a Compresión y la Velocidad de Pulso Ultrasónico en Concreto Simple, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2013. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.

VELAZQUEZ, Juan. Control de la calidad del concreto con métodos alternativos de ingeniería. Tesis (para obtener el título de ingeniero civil). Ciudad de México: Universidad Autónoma de México, 2018.

ZARATE, Francisco, GOMEZ, Adrián y OÑATE, Eugenio. Experimental and numerical fracture tests in concrete. Towards the Virtual Laboratory [en línea], febrero 2019, vol.35. [fecha de consulta 25 de octubre de 2020]. Disponible en: [https://www.scipedia.com/public/Zarate\\_et\\_al\\_2018d](https://www.scipedia.com/public/Zarate_et_al_2018d)

ISSN: 1886-158X

ZHENG, Yuanxun et al. Experimental investigation of concrete strength curve based on pull-out post- insert method [en línea], julio 2020, vol. 16(7). [fecha de consulta 22 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=144891470&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1550-1329

## ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### Título: “Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	MÉTODOS
¿Existe un nivel de correlación aceptable entre los resultados del pull out test y ensayo de rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto?	Determinar el nivel de correlación existente entre los resultados del pull out test y ensayo de rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto.	Existe una correlación fuerte entre los resultados del pull out test y ensayo de rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto.	V. I. Resistencia a la compresión del concreto	Propiedades físicas de agregados	Modulo de Finura Peso específico Peso U. Compactado Contenido de Humedad	Razón	Tipo de estudio: Aplicada  Diseño de investigación: Pre - experimental  Nivel: Correlacional  Método de investigación: Científico  Muestra: 48 probetas cilíndricas de 4"x8"  12 probetas cúbicas de 8"x8"x8" (4 ensayos pull-out por cada probeta cúbica, haciendo un total de 48 ensayos de extracción)  Muestreo: No probabilístico
				Relación a/c	a/c: 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70	Razón	
				Tiempos de fraguado	7, 14 y 28 días	Ordinal	
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>	V. D.1 Resultado del ensayo de Rotura	Esfuerzo de rotura de probetas de concreto	Esfuerzo de rotura a los 7 días	Razón	
¿Influye las variaciones de relación a/c de la mezcla en las fuerzas de extracción del Pull-Out test?	Determinar si las variaciones de relación a/c de la mezcla influye en las fuerzas de extracción del Pull-Out test.	Las variaciones de relación a/c de la mezcla influyen en las fuerzas de extracción del Pull-Out test.			Esfuerzo de rotura a los 14 días		
					Esfuerzo de rotura a los 28 días		
¿Existe correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura?	Determinar si existe correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura	Existe correlación entre los resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura.		V. D.2 Resultado del pull-out test	Fuerza de extracción	Fuerza de extracción a 7 días	
¿Que nivel de correlación existe entre los resultados de los ensayos Pull-Out test y ensayo de Rotura?	Determinar el nivel de correlación existente entre los resultados de los ensayos Pull-Out y de Rotura.	Existe un nivel de correlación fuerte entre los resultados de los ensayos Pull-Out test y ensayo de Rotura.	Fuerza de extracción		Fuerza de extracción a 14 días		
			Fuerza de extracción	Fuerza de extracción a 28 días			

Tabla 71: Matriz de consistencia.





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
REGISTRO DE SERVICIOS DE PROBETAS ENSAYOS A COMPRESIÓN

EMPRESA: *Gym S.A.*  
 DIRECCIÓN DE LA EMPRESA: *Paseo de la Republica 4675 Surquillo*  
 OBRA: *1713 LINK TOWER*  
 ATENCIÓN a: *Ing. Sandra H.*  
 RUC: *20.100.1534.057* FECHA DE INGRESO: *18-01-11*  
 TELÉFONO: *995744993* - *ALEJANDRO PORRAS*  
 e-mail:

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	FUERZA Kg	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>
1	343-003	10-01	18-01	66660	377.2 ✓
2	343-004	10-01	18-01	65950	373.2 ✓
3	385-003	11-01	18-01	70320	415.9 ✓
4	385-004	11-01	18-01	73930	418.4 ✓
5	432-003	17-01	19-01	48930	276.9 ✓
6	440-003	17-01	19-01	63330	358.4 ✓
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Observaciones: *ETA X DOGAN*

*[Signature]*  
Firma del Solicitante

*09360498*  
DNI



Nombre, firma y sello del Recepcionista

Nº DE INFORME

ESCRIBIR CON LETRA IMPRENTA LEGIBLE.

000139

Figura 22: Formato de ensayo de Rotura.



## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**TITULO DE INVESTIGACION:**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL INVESTIGADOR:**

Poma Cespedes, Ivan

**VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO:	CIP	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	FIRMA:
ALANYA SACSA, EDUARDO ABEL	100583	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Formato de ensayo de resistencia a compresión (NTP 339.034).</li><li>➤ Formato de ensayo de pull-out (ASTM C 900)</li><li>➤ Formato de ensayo de granulometría (NTP 400.012).</li></ul>	
TENICELA JORGE, ANDY OMAR	228563	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Formato de peso unitario (NTP 400.017).</li><li>➤ Formato de peso específico y absorción (NTP 400.021) (NTP 400.010).</li></ul>	
		<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Formato de contenido de humedad (NTP 339.185).</li><li>➤ Formato de obtención de muestras representativas, cuarteo (NTP 339.089).</li></ul>	

Figura 23: Formato de opinión de expertos de validación de instrumentos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

<b>TITULO DE INVESTIGACION:</b> Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021.
<b>Apellidos y nombres del investigador:</b> Poma Cespedes, Ivan
<b>Apellidos y Nombres del experto:</b> <i>TENICELA JORGE, ANDY OMAR</i> CIP: <i>228563</i>

N°	Cuestionario	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
1	¿En su labor como profesional cree Ud. que exista una correlación entre los resultados de los ensayos de rotura a compresión y extracción por el método Pull-Out?	X				
2	¿En su labor como profesional ha escuchado acerca del ensayo de extracción o Pull-Out test?					X
3	¿En su labor como profesional cree Ud. que el ensayo de extracción o Pull-Out test tiene un rango medio de error aceptable al determinar la resistencia a compresión del concreto?		X			
4	¿En su labor como profesional cree usted que debería normalizar el uso del método de extracción o Pull-Out test como un método alternativo de estimar la resistencia del concreto?		X			
5	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo de extracción o Pull-Out test es aplicable para la mayoría de casos en los que se requiera conocer la resistencia a compresión del concreto?			X		
6	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo Pull-Out test pueda reemplazar al ensayo de rotura al determinar la resistencia a compresión del concreto?			X		
7	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo de extracción o Pull-Out test pueda evolucionar de tal forma que sea más práctico y confiable?		X			

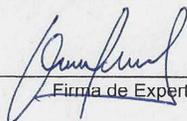
  
Firma de Experto

Figura 24: Formato de juicio de experto 1.



**TITULO DE INVESTIGACION:**  
Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021.

**Apellidos y nombres del investigador:** Poma Cespedes, Ivan

**Apellidos y Nombres del experto:** ALANYA SACSA, EDUARDO ABEL **CIP:** 100583

N°	Cuestionario	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
1	¿En su labor como profesional cree Ud. que exista una correlación entre los resultados de los ensayos de rotura a compresión y extracción por el método Pull-Out?		X			
2	¿En su labor como profesional ha escuchado acerca del ensayo de extracción o Pull-Out test?				X	
3	¿En su labor como profesional cree Ud. que el ensayo de extracción o Pull-Out test tiene un rango medio de error aceptable al determinar la resistencia a compresión del concreto?		X			
4	¿En su labor como profesional cree usted que debería normalizar el uso del método de extracción o Pull-Out test como un método alternativo de estimar la resistencia del concreto?	X				
5	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo de extracción o Pull-Out test es aplicable para la mayoría de casos en los que se requiera conocer la resistencia a compresión del concreto?			X		
6	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo Pull-Out test pueda reemplazar al ensayo de rotura al determinar la resistencia a compresión del concreto?				X	
7	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo de extracción o Pull-Out test pueda evolucionar de tal forma que sea más práctico y confiable?		X			

Firma de Experto

Figura 25: Formato de juicio de experto 2.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

<b>TITULO DE INVESTIGACION:</b> Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021.
<b>Apellidos y nombres del investigador:</b> Poma Cespedes, Ivan
<b>Apellidos y Nombres del experto:</b> ORE TORRES, HECTOR ARMANDO <b>CIP:</b> 79669

N°	Cuestionario	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
1	¿En su labor como profesional cree Ud. que exista una correlación entre los resultados de los ensayos de rotura a compresión y extracción por el método Pull-Out?		X			
2	¿En su labor como profesional ha escuchado acerca del ensayo de extracción o Pull-Out test?				X	
3	¿En su labor como profesional cree Ud. que el ensayo de extracción o Pull-Out test tiene un rango medio de error aceptable al determinar la resistencia a compresión del concreto?		X			
4	¿En su labor como profesional cree usted que debería normalizar el uso del método de extracción o Pull-Out test como un método alternativo de estimar la resistencia del concreto?	X				
5	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo de extracción o Pull-Out test es aplicable para la mayoría de casos en los que se requiera conocer la resistencia a compresión del concreto?		X			
6	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo Pull-Out test pueda reemplazar al ensayo de rotura al determinar la resistencia a compresión del concreto?			X		
7	¿En su labor como profesional cree usted que el ensayo de extracción o Pull-Out test pueda evolucionar de tal forma que sea más práctico y confiable?		X			

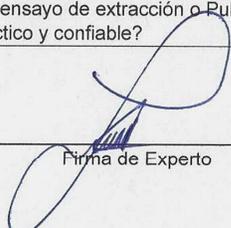
  
Firma de Experto

Figura 26: Formato de juicio de experto 3.

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 07122 - 2021**

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**

Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : OHAUS  
Modelo : YA501  
N° de Serie : NO INDICA  
Capacidad Máxima : 500 g  
Resolución : 0,1 g  
División de Verificación : 0,1 g  
Clase de Exactitud : III  
Capacidad Mínima : 2 g  
Procedencia : CHINA  
Identificación : NO INDICA  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 8 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
Gerente Técnico  
CFP: 0316



Figura 27: Certificado de calibración de la balanza de 500 g.

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 07123 - 2021**

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**  
Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : OHAUS  
Modelo : NO INDICA  
N° de Serie : NO INDICA  
Capacidad Máxima : 30000 g  
Resolución : 1 g  
División de Verificación : 1 g  
Clase de Exactitud : II  
Capacidad Mínima : 50 g  
Procedencia : CHINA  
N° de Parte : NO INDICA  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 8 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

PGC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04

Página : 1 de 3



Jr. Condesa de Lemos N°117  
San Miguel, Lima

(01) 262 9536  
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe  
www.testcontrol.com.pe

Figura 28: Certificado de calibración de la Balanza de 30000 g

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**TC - 06446 - 2021**

Proforma : 2506A

Fecha de emisión : 2021-05-06

Página : 1 de 2

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MUFLA**

Marca : YF  
Modelo : No indica  
N° de Serie : 201251  
Intervalo de indicación : 0 °C a 1300 °C  
Resolución : 1 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26  
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por comparación directa usando un patrón de temperatura calibrado.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	22,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	67,0 %hr	67,0 %hr

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.



**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
Gerente Técnico.  
CFP: 0316



Jr. Condesa de Lemos N°117  
San Miguel, Lima

(01) 262 9536  
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe  
www.testcontrol.com.pe

Figura 29: Certificado de calibración de la Mufla.

# Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

## TEST & CONTROL S.A.C.

### Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019  
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

**ESTELA CONTRERAS JUGO**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 230-2019-INACAL/DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA  
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02

Figura 30: Certificado de calidad.

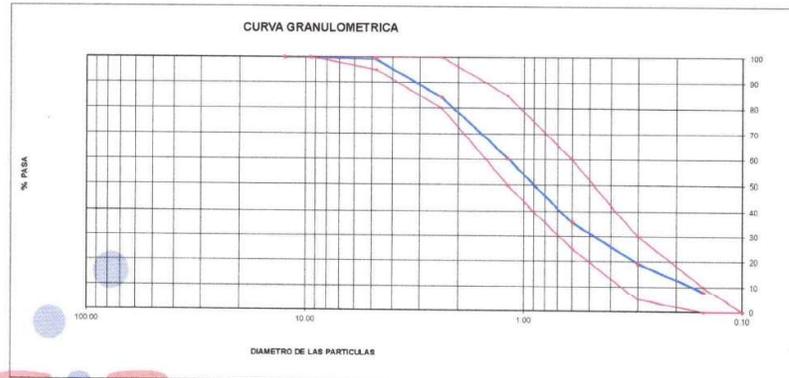
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO</b>	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C136

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ivan Poma Cespedes
<b>TESIS</b>	: "Correlación entre resultados del Pull Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 14/06/2021</span>

<b>MATERIAL</b>	: Agregado fino	<b>CANTERA:</b>	TRAPICHE
<b>PESO INICIAL HUMEDO (g)</b>	798.1	<b>% W</b>	2.2
<b>PESO INICIAL SECO (g)</b>	780.8	<b>MF</b>	3.06

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	2.1	0.3	0.3	99.7	95 - 100
Nº8	2.38	141.7	18.2	18.5	81.5	80 - 100
Nº 16	1.19	295.2	26.2	44.7	55.3	50 - 85
Nº 30	0.60	151.3	19.4	64.1	35.9	25 - 60
Nº 50	0.30	178.0	22.8	86.9	13.1	05 - 30
Nº 100	0.15	35.2	4.5	91.4	8.6	0 - 10
FONDO		67.1	8.6	100.0	0.0	0 - 0



**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>  	<b>Revisado por:</b>  <b>JJ GEOTECNIA S A C</b> <b>ELMER MORENO HUAMAN</b> <b>INGENIERO CIVIL</b> <b>REG. O.P. N° 210910</b>	<b>Aprobado por:</b>  <b>JJ GEOTECNIA S A C</b> <b>CONTROL DE CALIDAD</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

Figura 31 Certificado de ensayo de granulometría del agregado fino.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C29

REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	Ivan Poma Cespedes		
TESIS	"Correlación entre resultados del Pull Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima-2021"		
UBICACIÓN	Lima	Fecha de ensayo:	03/05/2021

MATERIAL	: AGREGADO FINO	CANTERA	: TRAPICHE
----------	-----------------	---------	------------

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6566	6615	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4233	4252	4224
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.534	1.541	1.530
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		g/cc	1.535		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7196	7215	7211
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4833	4852	4848
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.751	1.758	1.757
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		g/cc	1.756		

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 JJ GEOTECNIA S A C ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 27081F	 JJ GEOTECNIA S A C CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 32: Peso unitario del agregado fino.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C128

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Ivan Poma Cespedes
TESIS	: "Correlación entre resultados del Pull Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima-2021"
LUBRICACION	: Lima
	Fecha de ensayo: 03/05/2021

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°		M-1	M-2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua	g	981.98	981.5	981.7
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon	g	671.26	669.8	670.5
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.72	311.7	311.2
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon	g/cc	663.9	662.3	663.10
5	Peso del Balon N° 2	g/cc	171	169.6	170.40
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	492.9	492.5	492.70
7	Volumen del Balon (V = 500)	cc	497.2	498.2	497.7

RESULTADOS				
PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.64	2.64	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	2.68	2.68	2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])	g/cc	2.75	2.75	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100]	%	1.5	1.5	1.5

**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

Figura 33: Certificado de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

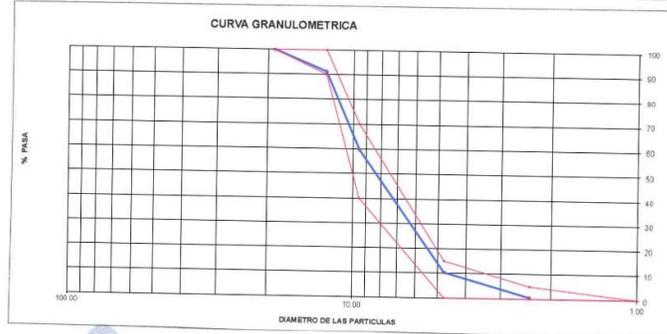
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>	Código	FOR-LTC-AG-002
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO</b>	Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C136

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Ivan Poma Caspedes		
<b>TESIS</b>	: "Correlación entre resultados del Pull Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima-2021"		
<b>UBICACION</b>	: Lima	<b>CANTERA:</b> TRAPICHE	<b>Fecha de ensayo:</b> 16/06/2021

<b>MATERIAL</b>	: AGREGADO GRUESO	<b>% W =</b>	0.1
<b>PESO INICIAL HUMEDO (g)</b>	2,054.00	<b>MF =</b>	6.38
<b>PESO INICIAL SECO (g)</b>	2,052.00		

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 7
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.05	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1/2"	12.50	180.1	8.8	8.8	91.2	90 - 100
3/8"	9.53	647.9	31.6	40.4	59.6	40 - 70
Nº 4	4.76	1,009.3	49.2	89.6	10.4	0 - 15
Nº 8	2.38	203.7	9.9	99.5	0.5	0 - 5
Nº 16	1.10	7.2	0.4	100.0	0.0	
FONDO		3.8	0.2			



**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b> 	<b>Revisado por:</b> 	<b>Aprobado por:</b> 
	JJ GEOTECNIA S A C ELMER MORENO HUAMAN INGE. EN CIVIL REG. C.O.S. Nº 21090	JJ GEOTECNIA S A C CENTRO DE CALIDAD

Figura 34: Certificado de ensayo de análisis granulométrico agregado grueso.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o Glb)	Código	FOR-LTC-AG-018
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Ivan Poma Cespedes
TESIS	: "Correlación entre resultados del Pull Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima-2021"
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 14/06/2021

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA: TRAPICHE

MUESTRA Nº	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	8012	5989	8005
2	Peso del Molde	g	2383	2383	2383
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3849	3626	3842
4	Volumen del Molde	cc	2780	2780	2780
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.322	1.314	1.320

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.318
-------------------------------	------	-------

MUESTRA Nº	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	8614	8596	8587
2	Peso del Molde	g	2383	2383	2383
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4251	4233	4224
4	Volumen del Molde	cc	2780	2780	2780
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.540	1.534	1.530

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.536
-----------------------------------	------	-------

OBSERVACIONES:

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

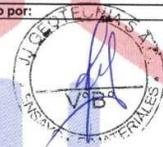
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 35: Peso unitario del agregado grueso.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS</b>	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM C127

<b>REFERENCIA</b>	Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	Ivan Poma Cespedes
<b>TESIS</b>	"Correlación entre resultados del Pull Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima-2021"
<b>UBICACION</b>	Lima
	Fecha de ensayo: 03/05/2021

**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO      **CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1500.0	1572.0	1581.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2536.0	2508.0	2522.0
3	Peso muestra Seco	C	g	2511.0	2483.0	2497.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.68	2.68	2.68
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.05	2.05	2.05
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.73	2.73	2.73
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100		%	1.0	1.0	1.0

**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>  Jefe de Laboratorio	<b>Revisado por:</b> JJ GEOTECNIA S A C  "ELMER MORENO HUAMAN" INGENIERO CIVIL REG. ÚN. N° 71129-11 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	<b>Aprobado por:</b> JJ GEOTECNIA S A C  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

Figura 36: Certificado de ensayo de gravedad específica de sólidos.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/08/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ivan Poma Cospedes  
**TESIS** : Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021  
**UBICACION** : Lima **Fecha de ensayo:** 16/06/2021

RELACION A/C 0.40						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.06	2.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.38	0.1	1.0	1318.0	1535.0

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE**

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			4	µg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			1/2"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.400		
4	AGUA			233		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.30		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>		562.500		kg/m <sup>3</sup>	13.7	Bl/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1867	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.2330	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0250	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						0.445
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2518	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3053	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO				583	kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				233	L/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				605	kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				804	kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2285	kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO				679.4	kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				805.1	kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO				%	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				-0.70	-4.7	
					7.2	
					2.6	
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>					238.8	Lts/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO				583	kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				236	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				679	kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				805	kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) PESO DE MEZCLA</b>						
<b>CANTIDAD DE MATERIALES (60 lt.)</b>						
CEMENTO				2303	kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				34.95	kg	
AGREGADO FINO				14.14	Lts	
AGREGADO GRUESO				46.76	kg	
				48.30	kg	
<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>		
C	1.0			C	1.0	
A/F	1.17			A/F	1.14	
A/G	1.36			A/G	1.57	
H2o	17.2			H2o	17.2	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad</b>

Figura 37: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.40

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/08/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
Aci 211

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ivan Poma Cespedes  
**TESIS** : "Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021"  
**UBICACION** : Lima **Fecha de ensayo:** 18/08/2021

MATERIAL	RELACION A/C 0.50		HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA				
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.06	2.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.38	0.1	1.0	1318.0	1535.0

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE**

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO		4			mm
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		12.5			mm
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.500			
4	AGUA		213			kg/m <sup>3</sup>
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		3.5			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.30			
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>			466.000	Kg/m <sup>3</sup>	11.0	Ble/m <sup>2</sup>
Volumen absoluto del cemento			0.1494	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Agua			0.2330	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Aire			0.0250	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.407
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						
Volumen absoluto del Agregado fino			0.2291	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.593
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3145	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO			466	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA			213	L/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO			763	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO			804	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>PESO DE MEZCLA</b>			2266	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO			780.0	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			805.1	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO			-0.70	Lts/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO			0.90	Lts/m <sup>3</sup>		
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>					234.9	Lts/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO			466	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA			235	Lts/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO			780	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO			805	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>G) PESO DE MEZCLA CANTIDAD DE MATERIALES (60 lt.)</b>						
CEMENTO			27.96	Kg		
AGUA			14.09	Lts		
AGREGADO FINO			46.80	Kg		
AGREGADO GRUESO			48.30	Kg		
<b>PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>						
C		1.0				
A.F		1.97				
A.G		1.73				
H2o		21.4				
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>						
C		1.0				
A.F		1.64				
A.G		1.97				
H2o		21.4				

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>ELMER MORENO HUAMAN</b> INGENIERO CIVIL REG. Nº 21086	 <b>ELMER MORENO HUAMAN</b> INGENIERO CIVIL REG. Nº 21086	 <b>JJ GEOTECNIA S.A.C.</b> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad M.L. GEOTECNIA

Figura 38: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.50

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/06/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ivan Poma Cespedes  
**TESIS** : "Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021"

**UBICACION** : Lima **Fecha de ensayo:** 16/06/2021

MATERIAL	RELACION A/C 0.60					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.06	2.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.38	0.1	1.0	1318.0	1535.0

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE**

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			4	plg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			1/2"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.600		
4	AGUA			233		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.30		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>			388.300		Kg/m <sup>3</sup>	9.1
Volumen absoluto del cemento				0.1246	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.2330	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0250	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						0.382
Volumen absoluto del Agregado fino				0.5140	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3035	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO				391	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				235	L/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				792	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				833	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2256	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO				847.2	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				805.1	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO					%	Lts/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO				-0.70		-5.8
				0.90		7.2
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>						1.4
						234.4
<b>Lts/m<sup>3</sup></b>						
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO				399	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				234	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				847	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				805	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2275	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (80 kt.)</b>						
CEMENTO				23.30	Kg	
AGUA				14.07	Lts	
AGREGADO FINO				50.83	Kg	
AGREGADO GRUESO				48.30	Kg	
<b>PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>						
C	1.0				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>	
A/F	2.18			C	1.0	
A/G	2.97			A/F	2.13	
H2o	23.7			A/G	2.36	
				H2o	26.7	

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

Figura 39: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.60

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/06/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

REFERENCIA	Datos de laboratorio	Fecha de ensayo:	16/06/2021
SOLICITANTE	Ivan Poma Céspedes		
TESIS	"Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rctura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021"		
UBICACION	Lima		

MATERIAL	RELACION A/C 0.70		HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA				
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.06	2.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.38	0.1	1.0	1318.0	1535.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE							
A)	VALORES DE DISEÑO						
	1 ASENTAMIENTO			4		µg	
	2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			1.9"			
	3 RELACION AGUA CEMENTO			0.700			
	4 AGUA			233			
	5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5			
	6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.30			
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		332.900	Kg/m <sup>3</sup>	7.8	Bla/m <sup>2</sup>	
	Volumen absoluto del cemento			0.1067	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Agua			0.2330	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Aire			0.0250	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.365	
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3318	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3035	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000	
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			333	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGUA			233	L/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO FINO			876	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO			804	Kg/m <sup>3</sup>		
	PESO DE MEZCLA			2262	Kg/m <sup>3</sup>		
D)	CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			809.7	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			834.3	Kg/m <sup>3</sup>		
E)	CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			-0.70	Lts/m <sup>3</sup>	-6.1	
	AGREGADO GRUESO			0.90	Lts/m <sup>3</sup>	7.2	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					1.1	
						234.1 Lts/m <sup>3</sup>	
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			333	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGUA			234	Lts/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO FINO			895	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO			805	Kg/m <sup>3</sup>		
	PESO DE MEZCLA			2267	Kg/m <sup>3</sup>		
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (60 lt.)						
	CEMENTO			19.97	Kg		
	AGUA			14.05	Lts		
	AGREGADO FINO			53.71	Kg		
	AGREGADO GRUESO			48.30	Kg		
	PROPORCIÓN EN PESO p <sub>3</sub> (húmedo)					PROPORCIÓN EN VOLUMEN p <sub>3</sub> (húmedo)	
	C	1.0				C	1.0
	A,F	2.69				A,F	2.63
	A,G	2.42				A,G	2.75
	H2o	29.9				H2o	29.9

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 40: Certificado del diseño de la mezcla con relación a/c 0.70

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CMC-024-2021**

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.  
 Atención : MASTERLEM S.A.C.  
 Lugar de calibración : Masterlem SAC, Av. Circunvalación s/n. Lurigancho - Chosica - Lima  
 Tipo de equipo : Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica  
 Capacidad del equipo : 1,555 kN (350,000 lbf. ó 159 TN)  
 División de escala : 0,1 kN  
 Marca : ELE - INTERNATIONAL  
 Modelo : 36-0735/06 ACCU-TEK 350 Digital Series  
 N° de serie del equipo : 140500026  
 Panel digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL  
 N° de serie panel digital : 1887-1-00242  
 Procedencia : USA  
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"  
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26.1°C / 54%  
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.1°C / 54%  
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820  
 Número de páginas : 2  
 Fecha de calibración : 2021-02-23

Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-03-01	 Vladimir Telle Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 80248

CMC-024-2021

Página 1 de 2

Av. Circunvalación s/n Mz. B Lt. 1 Urb. Praderas de Huachipa Lurigancho - Chosica Telf.: (01) 540 7661 e-mail: servicios@celda.com.pe

Figura 41: Certificado de calibración de maquina universal para ensayo a compresión de 150 tnf.

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso (kN)	2° ascenso (kN)	3° ascenso (kN)			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
6	100	100.11	99.63	100.36	100.03	-0.03	0.1
13	200	199.53	200.45	200.27	200.08	-0.04	0.1
19	300	299.56	300.32	300.35	300.08	-0.03	0.1
26	400	400.02	400.21	400.26	400.16	-0.04	0.1
32	500	499.63	500.27	500.33	500.08	-0.02	0.1
39	600	600.24	600.36	600.22	600.27	-0.04	0.1
51	800	799.86	800.28	800.26	800.13	-0.02	0.1
64	1000	1000.03	1000.63	1000.42	1000.36	-0.04	0.1
77	1200	1200.72	1200.61	1200.71	1200.68	-0.06	0.1
96	1500	1499.10	1498.70	1499.26	1499.02	0.07	0.1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.



Figura 42: Certificado de calibración por el método de comparación directa.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CAC-011-2021**

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.  
 Atención : MASTERLEM S.A.C.  
 Lugar de calibración : MASTERLEM SAC Av. Circunvalación s/n. Huachipa - Lima  
 Tipo de equipo : Celda de carga tipo S  
 Capacidad del equipo : 5000 kgf  
 División de escala : 0,5 kgf  
 Marca del equipo : ZEMIC  
 N° de serie : 5,0tL2D009919  
 Modelo : H3-C3-5,0t-6B.  
 Tipo de indicador de carga : Digital OHAUS.  
 N° de serie indicador : 7131211997      Modelo : T32M.  
 Procedencia : China.  
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 24,1°C / 55%  
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 24,1°C / 55%  
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"  
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado HBM, C18/100 kN, N° de serie 00283T00, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, método B, certificado de calibración reporte N° 822023841(ASRET)L1820  
 Numero de paginas : 2  
 Fecha de calibración : 2021-01-25

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-01-28	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 89945

CAC-011-2021

Página 1 de 2

Av. Circunvalación s/n Mz. B Lt. 1 Urb. Praderas de Huachipa Lurigancho - Chosica Telf.: (01) 540 7661 e-mail: servicios@celda.com.pe

Figura 43: Certificado de calibración de instrumento de extracción Pull-Out tester.

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión.

Indicación de fuerza de celda de carga tipo S		Indicación de fuerza en celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10.0	500.0	501.0	501.5	501.2	501.2	-0.2	0.1
20.0	1000.0	1002.1	999.6	999.1	1000.2	0.0	0.1
30.0	1500.0	1497.5	1496.6	1497.2	1497.1	0.2	0.1
40.0	2000.0	1994.5	1993.5	1994.5	1994.2	0.3	0.1
50.0	2500.0	2495.1	2494.5	2493.2	2494.3	0.2	0.1
60.0	3000.0	2999.6	2994.7	2994.6	2996.3	0.1	0.1
70.0	3500.0	3498.2	3498.7	3499.5	3498.8	0.0	0.1
80.0	4000.0	3999.4	3998.6	3999.5	3999.2	0.0	0.1
90.0	4500.0	4499.9	4501.0	4501.2	4500.7	0.0	0.1
100.0	5000.0	4998.9	4999.8	4999.7	4999.5	0.0	0.1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y no necesita corrección alguna, ya que el error en todo el rango calibrado no supera el +/-1%.



Figura 44: Certificado de calibración por el método de comparación directa.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**CAC-011-2021**

Peticionario : IVAN POMA CESPEDES

Lugar de calibración : Av. Circunvalación s/n. Mz B Lt 1, Urb las Praderas de Huachipa - Lurigancho

Tipo de equipo : Sistema hidráulico de Extracción (Pull-Out Tester)

Descripción : El instrumento consta de sistema manual de aplicación de presión continua, sistema de extracción mediante un cilindro hidráulico retráctil y un sistema indicador de presión de operación por medio de un manómetro digital.

Capacidad del equipo : 6000 kgf

División de escala : 0,1 kgf/cm<sup>2</sup> (presión de operación)

Nº de serie : s/n

Tipo de indicador de carga : Manómetro Digital Winters modelo DPG225 (exactitud  $\pm 1\%$ ).

Nº de serie indicador : Y212543

Procedencia : Varios

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 22, 1°C / 55%

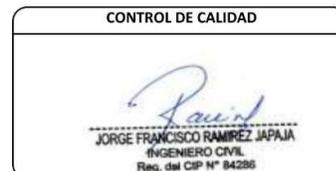
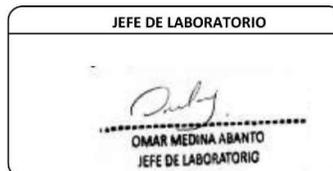
Temp.(°G) y H.R.(%) final : 22,1°C / 55%

Método de calibración:

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa entre la fuerza registrada en la prensa considerada como patrón y las lecturas del manómetro del instrumento Pull-Out Tester a calibrar. El método utiliza como referencia el procedimiento del anexo A1.3 de la norma NTG 41017 H26 la misma que se basa en la norma americana ASTM C900.

Número de páginas 2

Fecha de calibración :2021-10-08



MASTERLEM SAC RUC 20506076235 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa - Lurigancho

web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe) email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe) wassap: 950 270 955 – 01 5407661

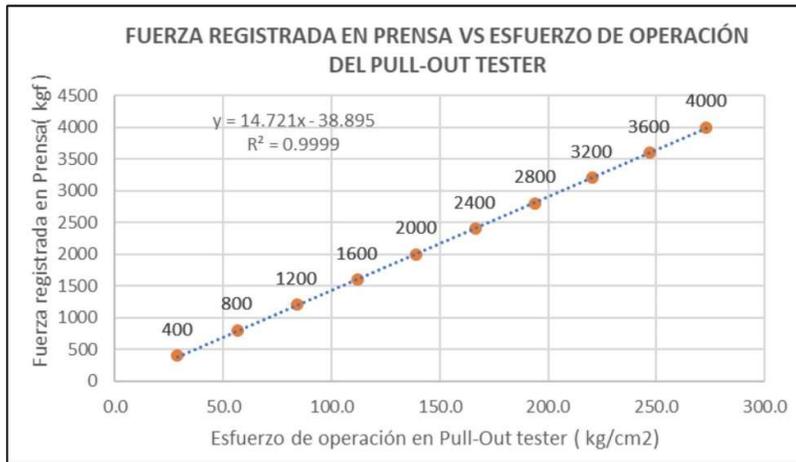
Figura 45: Certificado de calibración de instrumento de extracción Pull-Out tester.



**Resultados de medición**

Dirección de carga: compresión.

Indicador de Fuerza en Prensa-Patron	Indicación de Esfuerzo en Pull-Out Tester ( E )				Promedio	Fuerza generada del Pull-Out tester de la relación lineal (F=14.721 E - 38.895)			F. promedio Pull-Out tester	Error de indicación	Incertidumbre K=2
	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso	F-1		F-2	F-3				
%	(kgf)	(kgf/cm2)	(kgf/cm2)	(kgf/cm2)	(kgf/cm2)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(%)	U (%)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
10	400	28.6	28.8	29.1	28.8	382	385	389	386	0.1	0.1
20	800	57.0	56.3	56.6	56.6	800	790	794	795	0.1	0.1
30	1200	84.3	83.9	84.1	84.1	1202	1196	1199	1199	0.0	0.1
40	1600	111.8	111.6	112.2	111.9	1607	1604	1613	1608	-0.1	0.1
50	2000	139.4	138.8	139.0	139.1	2013	2004	2007	2008	-0.1	0.1
60	2400	166.8	166.3	166.1	166.4	2417	2409	2406	2411	-0.1	0.1
70	2800	194.1	193.8	194.1	194.0	2818	2814	2818	2817	-0.2	0.1
80	3200	220.1	220.1	220.5	220.2	3201	3201	3207	3203	0.0	0.1
90	3600	246.5	247.1	246.4	246.7	3590	3599	3588	3592	0.1	0.1
100	4000	273.1	273.3	272.9	273.1	3981	3984	3978	3981	0.2	0.1



TECNICO DE LABORATORIO

*Adela Chipana Taipe*

ADELA CHIPANA TAIPE  
TEC. DE LABORATORIO

JEFE DE LABORATORIO

*Omar Medina Abanto*

OMAR MEDINA ABANTO  
JEFE DE LABORATORIO

CONTROL DE CALIDAD

*Jorge Francisco Ramirez Japaja*

JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CIP N° 84288

MASTERLEM SAC RUC 20506076235 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú

web: www.masterlem.com.pe email: servicios@masterlem.com.pe wassap: 950 270 955 – 01 5407661

Figura 46: Certificado de calibración por el método de comparación directa.

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>M-FT-88</b>
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO 4" X 8 "</b>	<b>Versión</b>	<b>00</b>
		<b>Fecha</b>	<b>02-09-2021</b>
		<b>Páginas</b>	<b>1 de 1</b>

Solicitante : Iván Poma Cespedes Expediente N° : IT-074-1-21  
Nombre del proyecto : "Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021" Fecha de ensayo : 04/10/21  
Fecha de emision : 26/10/21

Ubicación del proyecto : Av. circunvalación s/n – huachipa (paradero ramiro priale).

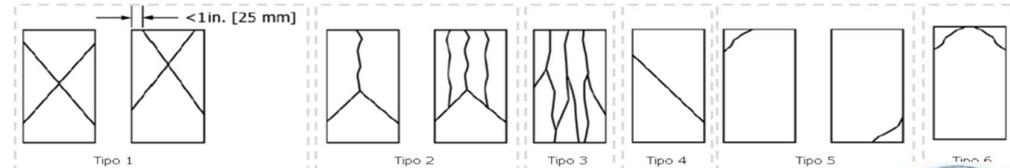
Identificación muestra : 7 DIAS

**INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C 39/ C42/C42M-18a**

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm <sup>2</sup>	Carga maxima kgf	Resistencia a la compresion kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia compresion kN/cm <sup>2</sup>	Tipo falla
0.4	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	30575	374	3.67	2
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	30864	378	3.70	1
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	205	8012	30299	378	3.71	5
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	31008	379	3.72	5
0.5	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	23099	288	2.83	5
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	24779	303	2.97	2
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	25505	318	3.12	5
0.6	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	26412	323	3.17	5
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	21223	260	2.55	6
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	205	8012	20518	256	2.51	2
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	21010	257	2.52	1
0.7	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	20519	256	2.51	2
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	205	8012	15797	197	1.93	5
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	205	8171	17072	209	2.05	5
	4/10/2021	11/10/2021	7	101	204	8012	15658	195	1.92	6
	4/10/2021	11/10/2021	7	102	204	8171	16467	202	1.98	2

**Tipo de fallas**

- Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
- Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.
- Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.
- Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las base.
- Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comunmente con las capas de embonado.
- Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



**Certificados de calibracion de equipos**

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 005-2020

Certificado de calibración N° Prensa CMC-024-2021

**Observaciones**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción total. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

**TECNICO DE LABORATORIO**


---

**ADELA CHIPANA TAIPE**  
**TEC. DE LABORATORIO**

**JEFE DE LABORATORIO**


---

**OMAR MEDINA ABANTO**  
**JEFE DE LABORATORIO**

**CONTROL DE CALIDAD**


---

**JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. del CIP N° 84286**



MASTERLEM SAC RUC 20506076235 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima - Perú  
web: www.masterlem.com.pe email: servicios@masterlem.com.pe wassap: 950 270 955 – 01 5407661

Figura 47: Certificado de ensayo de rotura a 7 días de curado.

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>M-FT-88</b>
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO 4" X 8"</b>	<b>Versión</b>	<b>00</b>
		<b>Fecha</b>	<b>02-09-2021</b>
		<b>Páginas</b>	<b>1 de 1</b>

Solicitante : Iván Poma Cespedes Expediente N° : IT-074-2-21  
Nombre del proyecto : "Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021" Fecha de ensayo : 04/10/21  
Fecha de emision : 26/10/21

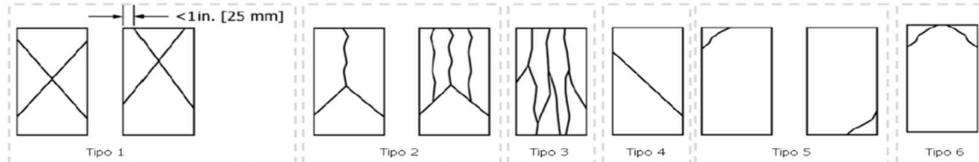
Ubicación del proyecto : Av. circunvalación s/n – huachipa (paradero ramiro priate).  
Identificación muestra : 14 DIAS

**INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C 39/ C42/C42M-18a**

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm <sup>2</sup>	Carga maxima kgf	Resistencia a la compresion kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia compresion kN/cm <sup>2</sup>	Tipo falla
0.4	4/10/2021	18/10/2021	14	101	202	8012	33934	424	4.15	1
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	34054	417	4.09	5
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	34894	427	4.19	2
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	204	8012	33416	417	4.09	6
0.5	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	27726	346	3.39	2
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	27785	347	3.40	1
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	30427	380	3.65	1
0.6	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	30409	372	3.65	2
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	25926	317	3.11	5
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	24888	311	3.05	1
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	204	8012	23037	288	2.82	5
0.7	4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	25178	308	3.02	2
	4/10/2021	18/10/2021	14	102	204	8171	20530	251	2.46	2
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	205	8012	20412	255	2.50	5
	4/10/2021	18/10/2021	14	101	204	8012	20392	255	2.50	2
4/10/2021	18/10/2021	14	102	205	8171	21024	257	2.52	5	

**Tipo de fallas**

- Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
- Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.
- Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.
- Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases.
- Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comunmente con las capas de embonado.
- Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



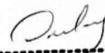
**Certificados de calibración de equipos**

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 005-2020  
Certificado de calibración N° Prensa CMC-024-2021

**Observaciones**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción total. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



<b>TECNICO DE LABORATORIO</b>  <b>ADELA CHIPANA TAIPE</b> <b>TEC. DE LABORATORIO</b>	<b>JEFE DE LABORATORIO</b>  <b>OMAR MEDINA ABANTO</b> <b>JEFE DE LABORATORIO</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>  <b>JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA</b> <b>INGENIERO CIVIL</b> <b>Reg. del CIP N° 84286</b>
--	--	---

MASTERLEM SAC RUC 20506076235 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima - Perú  
web: www.masterlem.com.pe email: servicios@masterlem.com.pe wassap: 950 270 955 – 01 5407661

Figura 48: Certificado de ensayo de rotura a 14 días de curado.

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>M-FT-88</b>
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PROBETAS DE CILINDRICAS DE CONCRETO 4" X 8"</b>	<b>Versión</b>	<b>00</b>
		<b>Fecha</b>	<b>02-09-2021</b>
		<b>Páginas</b>	<b>1 de 1</b>

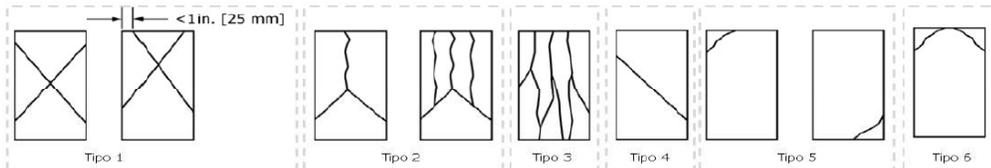
Solicitante : Iván Poma Cespedes Expediente N° : IT-074-3-21  
Nombre del proyecto : "Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021" Fecha de ensayo : 01/11/21  
Ubicación del proyecto : Av. circunvalación s/n – huachipa (paradero ramiro priale). Fecha de emisión : 09/11/21  
Identificación muestra : 28 DIAS

**INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C 39/ C42/C42M-18a**

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm <sup>2</sup>	Carga maxima kg	Resistencia a la compresion kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia compresion kN/cm <sup>2</sup>	Tipo falla
0.4	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	36874	460	4.51	2
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	36929	461	4.52	5
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	205	8171	37236	456	4.47	2
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	36390	456	4.45	2
0.5	4/10/2021	1/11/2021	28	102	204	8171	31971	391	3.84	2
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	30757	384	3.76	5
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	30910	378	3.71	5
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	30506	381	3.73	2
0.6	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	26199	327	3.21	5
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	25187	314	3.08	3
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	204	8171	27583	338	3.31	2
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	204	8171	26925	330	3.23	2
0.7	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	20679	258	2.53	5
	4/10/2021	1/11/2021	28	102	205	8171	21814	267	2.62	1
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	204	8012	20706	258	2.53	2
	4/10/2021	1/11/2021	28	101	205	8012	20905	261	2.56	2

**Tipo de fallas**

- Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
- Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.
- Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.
- Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las base.
- Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comunmente con las capas de embonado.
- Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



**Certificados de calibración de equipos**

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 005-2020

Certificado de calibración N° Prensa CMC-024-2021

**Observaciones**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



**TECNICO DE LABORATORIO**



ADELA CHIPANA TAIPE  
TEC. DE LABORATORIO

**JEFE DE LABORATORIO**



OMAR MEDINA ABANTO  
JEFE DE LABORATORIO

**CONTROL DE CALIDAD**



JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CIP N° 84286

MASTERLEM SAC RUC 20506076235 Dirección: Av. Circunvalación Mz "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima - Perú  
web: www.masterlem.com.pe email: servicios@masterlem.com.pe wassap: 950 270 955 – 01 5407661

Figura 49: Certificado de ensayo de rotura a 28 días de curado.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°1**

Fuerza de rotura: 30 575 kgf



**FOTO N°2**

Fuerza de rotura: 30 864 kgf



**FOTO N°3**

Fuerza de rotura: 30 299 kgf



**FOTO N°4**

Fuerza de rotura: 31 008 kgf

Figura 50. Rotura a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.40.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°5**

Fuerza de rotura: 24 779 kgf



**FOTO N°6**

Fuerza de rotura: 23 099 kgf



**FOTO N°7**

Fuerza de rotura: 26 412 kgf



**FOTO N°8**

Fuerza de rotura: 25 505 kgf

Figura 51. Rotura a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.50.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°9**

Fuerza de rotura: 21 223 kgf



**FOTO N°10**

Fuerza de rotura: 20 518 kgf



**FOTO N°11**

Fuerza de rotura: 21 010 kgf



**FOTO N°12**

Fuerza de rotura: 20 519 kgf

Figura 52. Rotura a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.60.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°13**

Fuerza de rotura: 15 797 kgf



**FOTO N°14**

Fuerza de rotura: 17 072 kgf



**FOTO N°15**

Fuerza de rotura: 15 658 kgf



**FOTO N°16**

Fuerza de rotura: 16 467 kgf

Figura 53. Rotura a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.70.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°17

Presión Reg.: 242.5 bar (247.3 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°18

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°19

Presión Reg.: 211.0 bar (215.2 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°20

Registro de falla cónica en probeta

Figura 54. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.40



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°21

Presión Reg.: 230 bar (234.5 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°22

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°23

Presión Reg.: 239.5 bar (244.2 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°24

Registro de falla cónica en probeta

Figura 55. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.40.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS	Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021	
TESISTA	POMA CESPEDES, IVAN	
		
	FOTO N°25	FOTO N°26
	Presión Reg.: 153.0 bar (156.0 kgf/cm <sup>2</sup> )	Registro de falla cónica en probeta
		
	FOTO N°27	FOTO N°28
	Presión Reg.: 168.5 bar (171.8 kgf/cm <sup>2</sup> )	Registro de falla cónica en probeta

Figura 56. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.50



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°29

Presión Reg.: 160.0 bar (163.2 kgf/cm<sup>2</sup>)

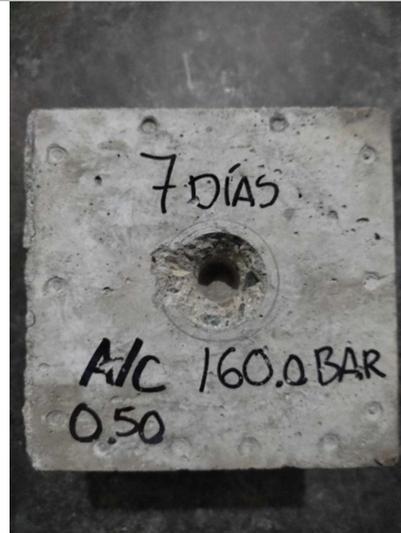


FOTO N°30

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°31

Presión Reg.: 186.5 bar (190.2 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°32

Registro de falla cónica en probeta

Figura 57. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.50.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°33

Presión Reg.: 141.0 bar (143.8 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°34

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°35

Presión Reg.: 155.5 bar (158.6 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°36

Registro de falla cónica en probeta

Figura 58. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.60.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°37

Presión Reg.: 147.5 bar (149.9 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°38

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°39

Presión Reg.: 154.0 bar (157.0 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°40

Registro de falla cónica en probeta

Figura 59. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.60



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°41

Presión Reg.: 119.0 bar (121.3 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°42

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°43

Presión Reg.: 124.5 bar (127.0 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°44

Registro de falla cónica en probeta

Figura 60. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.70.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°45

Presión Reg.: 103.0 bar (105.0 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°46

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°47

Presión Reg.: 111.0 bar (113.2 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°48

Registro de falla cónica en probeta

Figura 61. Extracción a los 7 días de edad del concreto con relación a/c 0.70



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°49

Fuerza de rotura: 33 934 kgf



FOTO N°50

Fuerza de rotura: 34 054 kgf



FOTO N°51

Fuerza de rotura: 34 894 kgf



FOTO N°52

Fuerza de rotura: 33 416 kgf

Figura 62. Rotura a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.40



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°53**

Fuerza de rotura: 27 726 kgf



**FOTO N°54**

Fuerza de rotura: 30 427 kgf



**FOTO N°55**

Fuerza de rotura: 27 785 kgf



**FOTO N°56**

Fuerza de rotura: 30 409 kgf

Figura 63. Rotura a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.50.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°57**

Fuerza de rotura: 25 926 kgf



**FOTO N°58**

Fuerza de rotura: 23 037 kgf



**FOTO N°59**

Fuerza de rotura: 24 888 kgf



**FOTO N°60**

Fuerza de rotura: 25 178 kgf

Figura 64. Rotura a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.60.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°61

Fuerza de rotura: 20 530kgf



FOTO N°62

Fuerza de rotura: 20 392 kgf



FOTO N°63

Fuerza de rotura: 20 412 kgf



FOTO N°64

Fuerza de rotura: 21 024 kgf

Figura 65. Rotura a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.70.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°65

Presión Reg.: 280.0 bar (285.5 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°66

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°67

Presión Reg.: 285.5 bar (291.1 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°68

Registro de falla cónica en probeta

Figura 66. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.40



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°69

Presión Reg.: 269.0 bar (274.3 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°70

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°71

Presión Reg.: 268.0 bar (273.3 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°72

Registro de falla cónica en probeta

Figura 67. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.40



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS	Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021
TESISTA	POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°73

Presión Reg.: 185.5 bar (188.6 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°74

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°75

Presión Reg.: 170.0 bar (173.3 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°76

Registro de falla cónica en probeta

Figura 68. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.50



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°77

Presión Reg.: 195.0 bar (198.8 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°78

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°79

Presión Reg.: 168.0 bar (171.3 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°80

Registro de falla cónica en probeta

Figura 69. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.50



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°81

Presión Reg.: 144.0 bar (146.8 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°82

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°83

Presión Reg.: 138.5 bar (141.2 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°84

Registro de falla cónica en probeta

Figura 70. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.60



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°85

Presión Reg.: 157.5 bar (160.6 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°86

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°87

Presión Reg.: 166.0 bar (169.3 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°88

Registro de falla cónica en probeta

Figura 71. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.60



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°89

Presión Reg.: 135.0 bar (137.7 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°90

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°91

Presión Reg.: 123.5 bar (125.9 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°92

Registro de falla cónica en probeta

Figura 72. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.70



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°93

Presión Reg.: 125.0 bar (127.5 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°94

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°95

Presión Reg.: 121.5 bar (123.9 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°96

Registro de falla cónica en probeta

Figura 73. Extracción a los 14 días de edad del concreto con relación a/c 0.70



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°97**

Fuerza de rotura: 36 874 kgf



**FOTO N°98**

Fuerza de rotura: 36 929 kgf



**FOTO N°99**

Fuerza de rotura: 37 236 kgf



**FOTO N°100**

Fuerza de rotura: 36 390 kgf

Figura 74. Rotura a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.40



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°101**

Fuerza de rotura: 31 971 kgf



**FOTO N°102**

Fuerza de rotura: 30 757 kgf



**FOTO N°103**

Fuerza de rotura: 30 910 kgf



**FOTO N°104**

Fuerza de rotura: 30 506 kgf

Figura 75. Rotura a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.50.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°105**

Fuerza de rotura: 26 199 kgf



**FOTO N°106**

Fuerza de rotura: 25 187 kgf



**FOTO N°107**

Fuerza de rotura: 27 583 kgf



**FOTO N°108**

Fuerza de rotura: 26 925 kgf

Figura 76. Rotura a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.60.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PANEL DE CONTROL**

**TESIS**

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

**TESISTA**

POMA CESPEDES, IVAN



**FOTO N°109**

Fuerza de rotura: 20 679kgf



**FOTO N°110**

Fuerza de rotura: 21 814 kgf



**FOTO N°111**

Fuerza de rotura: 20 706 kgf



**FOTO N°112**

Fuerza de rotura: 20 905 kgf

Figura 77. Rotura a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.70.



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°65

Presión Reg.: 286.0 bar (291.6 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°66

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°67

Presión Reg.: 281.5 bar (287.0 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°68

Registro de falla cónica en probeta

Figura 78. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.40



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°69

Presión Reg.: 293.0 bar (298.8 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°70

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°71

Presión Reg.: 287.5 bar (293.2 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°72

Registro de falla cónica en probeta

Figura 79. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.40



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°73

Presión Reg.: 189.5 bar (193.2 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°74

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°75

Presión Reg.: 198.5 bar (202.4 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°76

Registro de falla cónica en probeta

Figura 80. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.50



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°77

Presión Reg.: 186.0 bar (189.7 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°78

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°79

Presión Reg.: 197.5 bar (201.4 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°80

Registro de falla cónica en probeta

Figura 81. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.50



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°81

Presión Reg.: 176.0 bar (179.5 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°82

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°83

Presión Reg.: 165.5 bar (168.8 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°84

Registro de falla cónica en probeta

Figura 82. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.60



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°85

Presión Reg.: 168.5 bar (171.8 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°86

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°87

Presión Reg.: 174.0 bar (177.4 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°88

Registro de falla cónica en probeta

Figura 83. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.60



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°89

Presión Reg.: 139.0 bar (141.7 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°90

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°91

Presión Reg.: 146.5 bar (149.4 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°92

Registro de falla cónica en probeta

Figura 84. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.70



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

TESIS

Correlación entre resultados del Pull-Out test y ensayo de Rotura para  
determinar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2021

TESISTA

POMA CESPEDES, IVAN



FOTO N°93

Presión Reg.: 153.5 bar (156.5 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°94

Registro de falla cónica en probeta



FOTO N°95

Presión Reg.: 145.5 bar (148.4 kgf/cm<sup>2</sup>)



FOTO N°96

Registro de falla cónica en probeta

Figura 85. Extracción a los 28 días de edad del concreto con relación a/c 0.70



Figura 86. Calibración del instrumento de extracción Pull-Out tester.



Fig. 87. Llenado de probetas cubicas.



Fig. 88. Llenado de probetas cilíndricas.

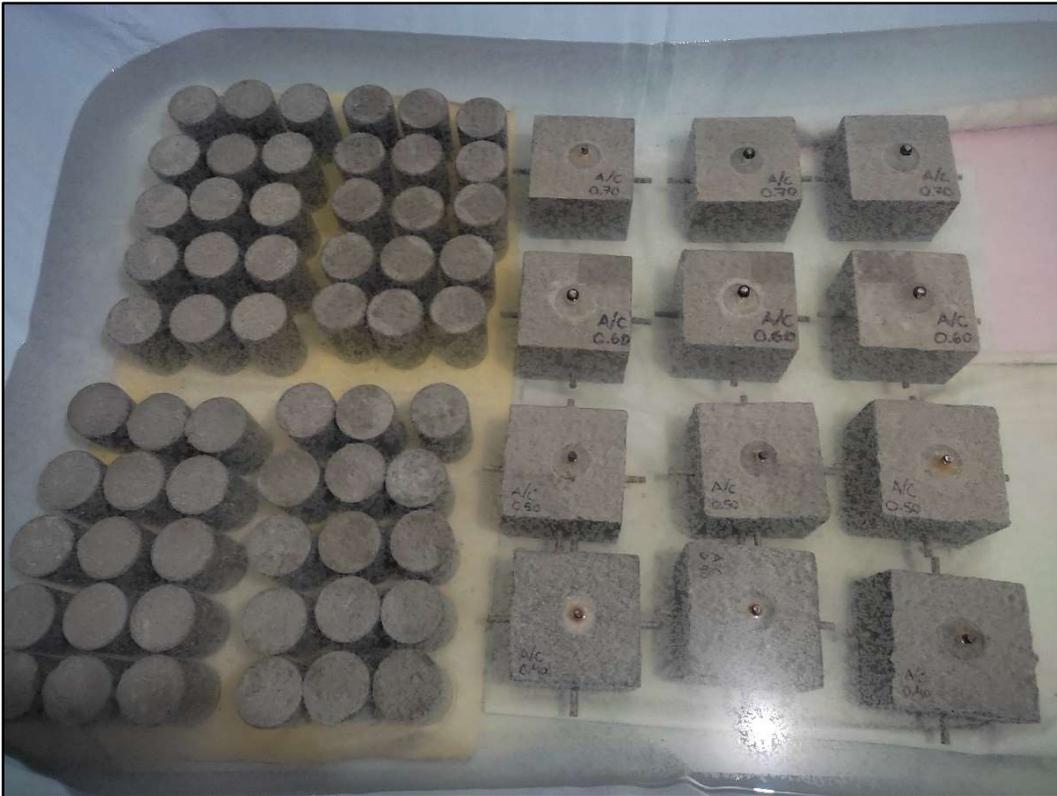


Figura 89. Curado de probetas a 7, 14 y 28 días.



Figura 90. Equipo Pull-Out tester con el cilindro de extracción conectado a inserto embebido en probeta cubica.



Figura 91. Equipo Pull-Out tester con el cilindro de extracción conectado en la probeta cubica.

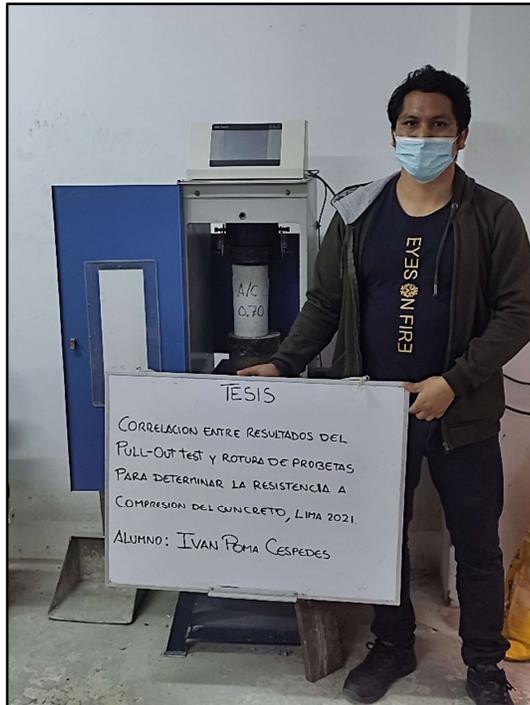


Figura 92. Prensa hidráulica para rotura de probetas de concreto.



Figura 93. Probetas cilíndricas de relación  $a/c$ : 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 curadas 28 días y ensayadas a rotura.