

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO**  
**ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

---

**TÍTULO:**

**“DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y  
RESISTENCIA CON ULTRASONIDO Y TRIAXIAL PARA  
CONCRETOS  $f'_c = 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  CON  
AGREGADOS DE LA CANTERA DE CUNYAC”**

---

---

**Presentado por:**

**Bach. CALLAYMARA AYQUIPA, Rita**

**Bach. NAVARRO CONCHA, Euler Abad**

**Dictaminantes:**

**M. Sc. Ing. SERRANO FLORES, José Francisco**

**Ing. CRUZ TELLO, Jorge Iván**

**Ing. HOLGADO ESCALANTE, Guido Eulogio**

**Tesis presentada para Optar al Título Profesional de Ingeniero Civil**

**CUSCO, JULIO 2019.**

### **Dedicatoria**

A Dios, por guiarme y protegerme en mi camino y por darme muchas bendiciones.

A mis padres Rómulo y Paulina, a mis hermanos Rosmery, Rocío y Rhandy, por apoyarme, comprenderme y alentarme en mi lucha por seguir adelante.

A mi abuelito Estéfano y demás familiares, quienes de alguna forma contribuyeron en mi desarrollo.

*Rita.*

A Dios, por darme muchas bendiciones y las fuerzas para seguir adelante.

A mi madre, quien está a mi lado como un ángel, cuidándome e incentivándome para lograr mis objetivos.

A mi hijo, por ser mi motor y mi motivo.

*Euler.*

### **Agradecimientos**

A nuestra comisión dictaminadora de tesis al M. Sc. Ing. José Francisco Serrano Flores, al Ing. Jorge Iván Cruz Tello y al Ing. Guido Eulogio Holgado Escalante, por su disposición, tiempo, y apoyo constante en el desarrollo de la investigación.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por brindarnos sus conocimientos en su labor de docencia, a los amigos y compañeros por su apoyo constante a lo largo de nuestra vida universitaria y desarrollo de la tesis.

*Rita y Euler.*

---

**Índice de contenido**

1. CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema General .....	3
1.2.2 Problema Específico. ....	3
1.3 Justificación e importancia del problema .....	3
1.4 Limitaciones y viabilidad de la investigación .....	4
1.5 Objetivos de la investigación.....	5
1.5.1 Objetivos generales.....	5
1.5.2 Objetivos específicos .....	5
1.6 Formulación de hipótesis.....	6
2. CAPÍTULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes del estudio .....	7
2.1 Bases teóricas científicas.....	11
2.1.1 El concreto .....	11
2.1.2 Ultrasonido.....	22
2.1.3 Tensión triaxial .....	26

---

2.1.4 Ensayos en el concreto.....	26
3. CAPÍTULO III.....	50
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	50
3.1 Alcance de investigación.....	50
3.2 Identificación de variables de investigación.....	50
3.2.1 Variables independientes: .....	50
3.2.2 Variables dependientes: .....	50
3.3 Indicadores de las variables en estudio .....	50
3.4 Diseño de la investigación.....	51
3.5 Población .....	51
3.5.1 Universo o población .....	51
3.5.2 Ámbito geográfico .....	51
3.6 Muestra.....	52
3.6.1 Tipo de muestra .....	52
3.6.2 Determinación del tamaño de la muestra.....	52
3.7 Enfoque de investigación .....	52
3.8 Técnicas de recolección de datos. ....	53
4. CAPÍTULO IV.....	54
ESTUDIO DE AGREGADOS Y DISEÑO DE MEZCLAS .....	54
4.1 Agregados.....	54
4.1.1 Aspectos generales de la cantera de Cunyac.....	54

---

---

4.1.2 Propiedades de los agregados .....	56
4.1.3 Resultados de ensayos a los agregados .....	75
4.2 Diseño de mezclas .....	89
4.2.1 Método del Agregado global .....	89
4.2.2 Diseño de mezclas para concretos $f'c=$ 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm <sup>2</sup> –huso 67 (testigos cilíndricos de 4” x 8”) .....	90
4.2.3 Diseño de mezclas para concretos $f'c=$ 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm <sup>2</sup> –huso 8 (testigos cilíndricos de 2” x 4”) .....	170
5. CAPÍTULO V .....	232
ELABORACIÓN Y ENSAYO DE ESPECÍMENES .....	232
5.1 Elaboración de especímenes .....	232
5.1.1 Procedimiento de elaboración .....	232
5.1.2 Calidad de moldes .....	233
5.1.3 Codificación de los especímenes .....	234
5.1.4 Curado de concreto .....	234
5.2 Ensayos de especímenes .....	234
5.2.1 Ensayo de Pulso ultrasónico .....	234
5.2.2 Ensayo de compresión .....	236
6. CAPÍTULO VI .....	246
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	246

---

---

6.1 Análisis estadístico de resultados de velocidad y resistencia de muestras cilíndricas de 4"x8"-huso 67.....	246
6.2 Análisis estadístico de resultados de velocidad y densidad de muestras cilíndricas de 4"x8"-huso 67 .....	249
6.3 Análisis estadístico de resultados de velocidad y resistencia de muestras cilíndricas de 2"x4"-huso 8.....	251
6.4 Análisis estadístico de resultados de velocidad y densidad de muestras cilíndricas de 2"x4"-huso 8 .....	253
6.5 Análisis estadístico de resultados de resistencia obtenida con velocidad de pulso y resistencia triaxial de muestras cilíndricas de 2"x4"-huso 8.....	254
6.6 Análisis estadístico de porcentajes residuales .....	254
6.6.1 Porcentajes residuales para ecuación Velocidad -Resistencia, huso 67, muestras cilíndricas 4"x8" .....	255
6.6.2 Porcentajes residuales para ecuación Densidad - Velocidad, huso 67, muestras cilíndricas 4"x8" .....	258
6.6.3 Porcentajes residuales para ecuación velocidad - resistencia, huso 8, muestras cilíndricas 2"x4" .....	260
6.6.4 Porcentajes residuales para ecuación Densidad - Velocidad, huso 8, muestras cilíndricas 2"x4" .....	265
6.7 Análisis estadístico de los dos Husos (huso 67 y huso 8) en la determinación de la resistencia y densidad.....	271
7. CAPÍTULO VII .....	275

---

---

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS .....	275
8. CAPITULO VIII .....	283
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	283
8.1 Conclusiones.....	283
8.2 Recomendaciones .....	287
9. Bibliografía .....	288
10. ANEXOS.....	290

## **Índice de tablas**

Tabla 1 Materias primas y sus proporciones del Cemento Portland.....	13
Tabla 2 Porcentajes típicos en que intervienen los óxidos en el cemento portland .....	13
Tabla 3 Límites permisibles para agua de mezcla y curado.....	14
Tabla 4 Límites para la curva granulométrica del agregado fino.....	16
Tabla 5 Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	18
Tabla 6 Relación de peso específico y Resistencia a la compresión.....	21
Tabla 7 Capacidad de recipientes.....	31
Tabla 8 Tolerancia del tiempo permisible para rotura de concretos .....	39
Tabla 9 Relación Longitud Diámetro y sus Factores de corrección .....	41
Tabla 10 Tamaño de muestras para análisis granulométrico y de calidad .....	58
Tabla 11 Cantidad mínima de muestras para ensayo .....	59
Tabla 12 Cantidad mínima de muestras para ensayo .....	65
Tabla 13 Cantidad de muestras para ensayo .....	67
Tabla 14 Cantidad mínima de muestras para ensayo .....	69
Tabla 15 Capacidad de la medida .....	72
Tabla 16 Carga abrasiva.....	74
Tabla 17 Granulometría de la muestra de agregado para ensayo.....	74
Tabla 18 Compacidad del agregado global para testigos cilíndricos de 2”x4” .....	91
Tabla 19 Asentamiento para diferentes estructuras.....	92
Tabla 20 Tabla de resistencia requerida.....	92
Tabla 21 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	93

---

Tabla 22 Contenido de aire atrapado por m <sup>3</sup> de concreto. ....	93
Tabla 23 Resistencia requerida y la relación agua-cemento .....	94
Tabla 24 Resistencia Requerida con desviación estándar.....	103
Tabla 25 Diámetro de varilla y número de varillados por capa. ....	233
Tabla 26 Tolerancias para tiempo de rotura.....	236

### **Índice de tablas elaboradas**

Tabla elaborada 1 Análisis granulométrico del agregado grueso de Cunyac por tamizado-huso 67 (MC 4"x8") .....	76
Tabla elaborada 2 Análisis granulométrico del agregado grueso corregido de Cunyac - huso 67 (MC 4"x8") .....	77
Tabla elaborada 3 Análisis granulométrico del agregado fino de Cunyac por tamizado .....	78
Tabla elaborada 4 Análisis granulométrico del agregado fino de Cunyac por tamizado corregido .....	79
Tabla elaborada 5 Granulometría del agregado global (A.G. huso67 y A.F.) .....	80
Tabla elaborada 6 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 - Agregado grueso .....	81
Tabla elaborada 7 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 - Agregado fino .	81
Tabla elaborada 8 Contenido de humedad del agregado grueso huso 67 .....	81
Tabla elaborada 9 Contenido de humedad del agregado fino .....	82
Tabla elaborada 10 Ensayo de abrasión de los ángeles .....	82
Tabla elaborada 11 Gravedad específica y absorción del agregado grueso (MTC E 2016-2000) .....	82
Tabla elaborada 12 Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC E 2016-2000) .....	83
Tabla elaborada 13 Peso unitario suelto del agregado grueso-huso 67 .....	83
Tabla elaborada 14 Peso unitario compactado del agregado grueso-huso 67 .....	84
Tabla elaborada 15 Peso unitario suelto del agregado fino .....	84
Tabla elaborada 16 Peso unitario compactado del agregado fino.....	84

---

Tabla elaborada 17 Análisis granulométrico del agregado grueso de Cunyac por tamizado-huso 8 .....	85
Tabla elaborada 18 Análisis granulométrico del agregado global(A.G. huso 8 y A.F.).....	86
Tabla elaborada 19 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 del agregado grueso-huso8 .....	87
Tabla elaborada 20 Contenido de humedad del agregado grueso- huso 8.....	87
Tabla elaborada 21 Abrasión de los ángeles del agregado grueso - huso 8.....	87
Tabla elaborada 22 Gravedad específica y absorción de agregado grueso-huso8 (MTC E 2016-200).....	88
Tabla elaborada 23 Peso unitario suelto del agregado grueso-huso 8 .....	88
Tabla elaborada 24 Peso unitario compactado de agregado grueso-huso 8.....	88
Tabla elaborada 25 Combinación de diferentes porcentajes de agregado grueso y fino para la máxima compacidad por peso unitario .....	90
Tabla elaborada 26 Combinación de diferentes porcentajes de agregado grueso y fino para la máxima compacidad por peso unitario .....	171
Tabla elaborada 27 Resumen de dosificaciones para diseños de mezclas inicial con corrección por asentamiento y densidad de 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm <sup>2</sup> - huso 67 .....	230
Tabla elaborada 28 Resumen de dosificaciones para diseños de mezclas inicial con corrección por asentamiento y densidad de 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm <sup>2</sup> - Huso 8 .....	230
Tabla elaborada 29 Resumen de dosificaciones para diseño de mezclas final con corrección por asentamiento y densidad para concretos $f^c=$ 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm <sup>2</sup> .....	230
Tabla elaborada 30 Resumen de dosificaciones de diseños de mezclas final con corrección por asentamiento y densidad para concretos $f^c=$ 140,175,210,280 y 250 kg/cm <sup>2</sup> .....	231
Tabla elaborada 31 Número de especímenes cilíndricos de 4”x8” sometidos a ensayo de <u>velocidad de pulso ultrasónico y compresión simple</u> .....	237

---

Tabla elaborada 32 Número de especímenes cilíndricos de 2”x4” sometidos a ensayo de pulso untrasónico y compresión simple .....	238
Tabla elaborada 33 Número de especímenes cilíndricos de 2”x4” sometidos a ensayo de pulso untrasónico y compresión triaxial .....	238
Tabla elaborada 34 Cuadro resumen de compresión y velocidad ultrasónica promedio de muestras cilíndricas de 4”x8”- huso 67 .....	239
Tabla elaborada 35 Cuadro resumen de densidad y velocidad de pulso ultrasónico para muestras cilíndricas de 4"x8" (huso 67) .....	241
Tabla elaborada 36 Cuadro Resumen Velocidad-densidad-huso 67 .....	241
Tabla elaborada 37 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia , $f'c=140$ kg/cm <sup>2</sup> a 28 días -M.C. 2"x4"-huso 8 .....	242
Tabla elaborada 38 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia , $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> a 28 días -M.C. 2"x4"-huso 8 .....	242
Tabla elaborada 39 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia , $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> a 28 días -M.C. 2"x4"-huso 8 .....	243
Tabla elaborada 40 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia, $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> a 28 días-M.C. 2”x4”-huso8 .....	243
Tabla elaborada 41 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia, $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> a 28 días-M.C. 2”x4”-huso 8 .....	244
Tabla elaborada 42 Resumen de Resultados de Velocidad y Densidad a 28 días – M.C. 2”x4”-huso 67 .....	245
Tabla elaborada 43 Resultados de compresión triaxial a 28 días- M.C. de 2”x4”-huso 8.....	245
Tabla elaborada 44 Coeficientes de determinación para diferentes modelos de regresión, Velocidad de pulso ultrasónico-resistencia a la compresión, M.C. 4”x8”.....	246

---

---

Tabla elaborada 45 Coeficientes de determinación para diferentes modelos de regresión, Velocidad-Densidad, M.C. 4”x8” .....	249
Tabla elaborada 46 Coeficientes de determinación para Resistencia versus Velocidad de pulso, Huso 8 .....	251
Tabla elaborada 47 Coeficientes de determinación para diferentes modelos de regresión, Velocidad-Densidad, M.C. 2”x4” .....	253
Tabla elaborada 48 Esfuerzos máximos triaxiales para muestras cilíndricas de 2”x4” – Huso 8 .....	254
Tabla elaborada 49 Porcentajes residuales para Ecuación cúbica Resistencia-Velocidad, grupo G4 – Huso 67 .....	255
Tabla elaborada 50 Porcentajes Residuales para Ecuación cúbica Resistencia-Velocidad, grupo G5-Huso 67.....	256
Tabla elaborada 51 Porcentajes residuales para Ecuación cúbica Resistencia – Velocidad, grupo G7, huso 67.....	257
Tabla elaborada 52 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D2 – Huso 67 .....	258
Tabla elaborada 54 Porcentajes residuales de la Ecuación cúbica Densidad- Velocidad, grupo D5- Huso 67 (con promedios únicos) .....	259
Tabla elaborada 55 Porcentajes residuales de la ecuación cúbica Densidad-Velocidad, grupo D5 – Huso 67 (con promedios parciales).....	260
Tabla elaborada 56 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia- Velocidad, grupo G4’- Huso 8 (resist. Diseño 140 y 175 kg/cm <sup>2</sup> ).....	261
Tabla elaborada 57 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia Velocidad, grupo G4’ – Huso 8. (Resist. Diseño 210 y 280 kg/cm <sup>2</sup> ).....	262

---

---

Tabla elaborada 58 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia – Velocidad, grupo G6' - Huso 8. (Resist. Diseño 140 y 175 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	263
Tabla elaborada 59 Porcentajes Residuales para Ecuación exponencial Resistencia – Velocidad, grupo G6' – Huso 8. (Resist. Diseño 210 y 280 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	264
Tabla elaborada 60 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia – Velocidad, grupo G6' – Huso 8. (Resist. Diseño 350 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	265
Tabla elaborada 61 Porcentajes residuales de la Ecuación cúbica Densidad- Velocidad, huso 8. (promedios únicos).....	266
Tabla elaborada 62 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D1' – Huso 8. (Resist. Diseño 140 y 175 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	266
Tabla elaborada 63 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D1' – Huso 8. (Resist. Diseño 210 y 280 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	267
Tabla elaborada 64 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D1' – Huso 8. (Resist. Diseño 350 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	268
Tabla elaborada 65 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Resistencia- Velocidad - Huso 67 .....	269
Tabla elaborada 66 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Densidad – Velocidad, Huso 67 .....	270
Tabla elaborada 67 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Resistencia-Velocidad, huso 8.....	270
Tabla elaborada 68 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Densidad – Velocidad, huso 8.....	270
Tabla elaborada 69 Datos de velocidad, densidad y resistencia promedio para husos 67 y 8 .....	271

---

---

Tabla elaborada 70 Coeficientes de determinación para ecuación Resistencia – Velocidad para distintos modelos de regresión, huso 67 y huso 8.....	271
Tabla elaborada 71 Coeficientes de correlación para diferentes modelos de regresión de ecuación Densidad –Velocidad, huso 67 y huso 8.....	273
Tabla elaborada 72 Porcentajes Residuales para ecuación Densidad – Velocidad, grupo Huso 67 y Huso 8. ....	273
<i>Tabla elaborada 73 Costo Hora Hombre del Cusco (Vigente del 01 de Junio del 2018 al 31 de mayo del 2019).....</i>	<i>275</i>
<i>Tabla elaborada 74 Costos reales de los materiales para elaboración de concreto .....</i>	<i>275</i>
<i>Tabla elaborada 75 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Zapatas de <math>f'c= 140</math> kg/cm<sup>2</sup> .....</i>	<i>276</i>
<i>Tabla elaborada 76 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Zapatas de <math>f'c= 175</math> kg/cm<sup>2</sup> .....</i>	<i>276</i>
<i>Tabla elaborada 77 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Columnas de <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> .....</i>	<i>277</i>
<i>Tabla elaborada 78 Análisis de Costos Unitarios de la partida Columnas de <math>f'c= 280</math> kg/cm<sup>2</sup> .....</i>	<i>277</i>
<i>Tabla elaborada 79 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Placas <math>f'c=350</math> kg/cm<sup>2</sup>.....</i>	<i>278</i>
<i>Tabla elaborada 80 Cuadro resumen del Análisis de Costos Unitarios de las Partidas .....</i>	<i>278</i>
Tabla elaborada 81 Costos reales de los ensayos necesarios para la investigación.....	280
<i>Tabla elaborada 82 Costo unitario de la partida Prueba de calidad del concreto (Compresión simple).....</i>	<i>280</i>
<i>Tabla elaborada 83 Costo Unitario de la partida Prueba de Calidad del concreto no destructivo (Ensayo ultrasónico) .....</i>	<i>281</i>

---

Tabla elaborada 84 Análisis de Costo Unitario de la partida prueba de calidad del concreto (compresión triaxial).....	281
<i>Tabla elaborada 85 Resumen de los Costos Unitarios de partidas de calidad del concreto</i>	282
Tabla elaborada 86 Diseño de mezclas final corregido para $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> -huso 67 .....	320
Tabla elaborada 87 Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial para $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> - huso 67- Muestras cilíndricas de 4”x8” .....	322

### Índice de gráficos

Gráfica 1 Curva granulométrica del agregado grueso de cunyac - huso 67.(mc 4"x8").....	76
Gráfica 2 Curva granulométrica del agregado grueso de cunyac corregido-huso 67 (MC 4"x8") .....	77
Gráfica 3 Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac.....	78
Gráfica 4 Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac corregido .....	79
Gráfica 5 Curva granulométrica del agregado global Cunyac (A.G. huso 67 y A.F.).....	80
Gráfica 6 Curva granulométrica del agregado grueso-huso 8 .....	85
Gráfica 7 Curva granulométrica del agregado global (A.G. huso 8 y A.F.) .....	86
Gráfica 8 Compacidad del agregado global para testigos cilíndricos de 2"x4" .....	171
Gráfica 9 Cuadro comparativo de la evolución de la resistencia a compresión del concreto de resistencias de diseño $f'c=140, 175, 210, 280$ y $350$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7, 14, 21 y 28 días de edad, huso 67 (M.C. 4"x8").....	240
Gráfica 10 Cuadro comparativo de la evolución de la Resistencia a la compresión versus velocidad de pulso ultrasónico para resistencias de diseño $f'c=140, 175, 210, 280$ y $350$ kg/cm <sup>2</sup> huso 67 (M.C. 4"x8").....	240
Gráfica 11 Curvas de tendencia para Resistencia versus Velocidad de pulso, grupo G4- Huso 67.....	247
Gráfica 12 Curvas de tendencia para Resistencia versus Velocidad de pulso, grupo G5- Huso 67.....	248
Gráfica 13 Curvas de tendencia para Resistencia a la compresión versus Velocidad de pulso, grupo G7- Huso 67.....	248

---

Gráfica 14 Curvas de tendencia para Densidad versus Velocidad de pulso, grupo D2, Huso 67.....	250
Gráfica 15 Curvas de tendencia para Densidad versus Velocidad de pulso, grupo D5, huso 67 .....	250
Gráfica 16 Curvas de tendencia para Resistencia a la compresión versus Velocidad de pulso, grupo G4' - Huso 8 .....	252
Gráfica 17 Curvas de tendencia para Resistencia a la compresión versus Velocidad de pulso, grupo G6' - Huso 8 .....	252
Gráfica 18 Curvas de tendencia para Velocidad versus Densidad – Huso 8 .....	253
Gráfica 19 Líneas de tendencia para ecuación Resistencia- Velocidad (huso 67 y huso8) ...	272
Gráfica 20 Porcentajes residuales de ecuación cúbica Resistencia-Velocidad, huso 67 y huso 8.....	272
Gráfica 21 Curvas de Tendencia para ecuación Densidad-Velocidad, huso 67 y huso 8.....	273
Gráfica 22 Costos por m <sup>3</sup> de concreto para diferentes elementos.....	279
Gráfica 23 Comparación de costos unitarios de Compresión simple y ensayo ultrasónico .	282

## **Índice de imágenes**

Imagen 1 Disposición de los transductores.....	24
Imagen 2 Modo de ejecución con transductores.....	25
Imagen 3 Forma de onda del ultrasonido.....	25
Imagen 4 Ubicación de la Cantera de Cunyac .....	54
Imagen 5 Ensayo de peso unitario de agregado grueso .....	392
Imagen 6 Análisis granulométrico de agregado grueso .....	392
Imagen 7 Peso específico del agregado grueso.....	393
Imagen 8 Tamizado para corrección de agregado .....	393
Imagen 9 Vaciado de muestras cilíndricas de 4"x8" .....	394
Imagen 10 Medición del slump 3-4 pulg .....	394
Imagen 11 Curado de los muestras clíndricas de 4"x8" .....	395
Imagen 12 Ensayo de pulso de velocidad de pulso ultrasónico a muestras cilíndricas de 4"x8" .....	395
Imagen 13 Transporte de muestras cilíndricasa al laboratorio para su rotura .....	396
Imagen 14 Ensayo a compresión simple de muestras cilíndricas de 4"x8" .....	396
Imagen 15 Ensayo de pulso ultrasónico de muestras cilíndricas de 2"x4" .....	397
Imagen 16 Ensayo a compresión simple de muestras cilíndricas de 2"x4" .....	397
Imagen 17 Ensayo triaxial a muestras cilíndricas de 2"x4" .....	398
Imagen 18 Ensayo triaxial .....	398
Imagen 19 Desarrollo del ensayo triaxial a muestras cilíndricas de diámetro= 2" y altura=4", con acompañamiento del docente asesor Ing. Guido Eulogio Holgado Escalante .....	399

## **RESUMEN**

Esta tesis de investigación experimental consiste en hallar ecuaciones matemáticas que relacionen, por una parte, la velocidad ultrasónica con la resistencia a compresión del concreto y por otra, la velocidad ultrasónica con la densidad del concreto, con sus respectivos porcentajes de error, que validen la utilización del equipo de ultrasonido del laboratorio de concreto y mecánica de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco, de tal manera que dichas ecuaciones puedan ser utilizadas en nuestro medio y con concretos elaborados con los agregados utilizados en la investigación, para la obtención de la resistencia a compresión y la densidad mediante la velocidad de pulso ultrasónico.

## **SUMMARY**

This experimental research thesis consists in finding mathematical equations that relate, on the one hand, the ultrasonic velocity with the compressive strength of the concrete and on the other, the ultrasonic velocity with the density of the concrete, with their respective error percentages, which validate the use of the ultrasound equipment of the laboratory of concrete and soil mechanics of the Professional School of Civil Engineering, of the National University of San Antonio abad of Cusco, so that these equations can be used in our environment and with concretes elaborated with the aggregates used in research, to obtain compressive strength and density by means of ultrasonic pulse velocity.

## **1. CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identificación del problema**

El sector de la construcción es un eje fundamental para el desarrollo de nuestro país, tanto cultural como económico, ya que a través de la construcción se dota de infraestructura a los demás sectores, es por ello que se hace necesario tener un conocimiento más profundo de los diversos aspectos que implica la actividad de la construcción civil. En nuestro país lamentablemente no es un campo desarrollado ni muy bien investigado.

Uno de los aspectos importantes dentro de la construcción es la calidad del concreto hidráulico que se utiliza en los diferentes tipos de obras, dicha calidad depende directamente de los materiales utilizados y de los procesos constructivos seguidos en su elaboración, pero todo ello no tendría sentido si los equipos e instrumentos de medición de las propiedades del concreto, no reflejaran resultados confiables.

La importancia de la validación de los equipos de ingeniería es crucial en la toma de decisiones sobre la calidad del concreto, ya que de no ser válidos los datos, podría hacernos incurrir en error a la hora de aceptar o rechazar una obra.

Normalmente el ensayo utilizado para determinar la resistencia del concreto hidráulico es mediante el ensayo de resistencia a la compresión, más éste es un método que requiere de la elaboración de testigos y de la disposición de tiempo, además que es medido en laboratorio, lo que evidentemente es inevitable ya que dicho ensayo nos

muestra en forma directa la rotura del concreto. Por lo que la idea de esta investigación no es descartar el ensayo de resistencia a la compresión, sino mostrar una alternativa para la determinación de la densidad y la resistencia de concretos mediante la utilización del equipo de ultrasonido.

Particularmente, este estudio se enfoca en hacer una correlación entre los resultados obtenidos de resistencia a la compresión mediante el ensayo de compresión simple, los módulos de compresión, tensión y tracción obtenidos mediante el ensayo triaxial y las velocidades de ultrasonido en el concreto obtenidas a partir del tiempo de recorrido del sonido que nos da el equipo de ultrasonido en los concretos de  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>. Todos estos ensayos se harán a diferentes edades del concreto, siendo éstas 7, 14, 21 y 28 días, con lo cual conseguiremos ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento del concreto y de esta forma validar la utilización del equipo de ultrasonido en la obtención de resistencias y densidades en concretos.

La utilización del equipo de ultrasonido en la determinación de densidad y resistencia de concretos podría resultar ventajoso ya que podría ser utilizado en forma alternativa al ensayo de resistencia a la compresión, con lo cual se tendría un ahorro de tiempo significativo, además que se evita la destrucción del concreto y que básicamente es una prueba in situ.

Para la elaboración del concreto se utilizarán agregados de la cantera de Cunyac, ya que un punto de la investigación radica en el tipo de agregado a utilizar, debido a que la velocidad ultrasónica varía de acuerdo a la densidad del agregado, lo cual también permitirá conocer la calidad de los agregados de dicha cantera.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema General**

- ¿Cómo determinar la densidad y resistencia de concretos hidráulicos con  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac utilizando el equipo de ultrasonido y triaxial?

### **1.2.2 Problema Específico.**

- ¿Cómo plantear ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento del concreto hidráulico de  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac, en la medición de su resistencia y densidad mediante ultrasonido?
- ¿Cómo caracterizar el comportamiento de los agregados de la cantera de Cunyac en la densidad y resistencia del concreto hidráulico con  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>.medidos con equipo de ultrasonido?
- ¿En qué medida incrementa la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=$ 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac, bajo confinamiento triaxial?

## **1.3 Justificación e importancia del problema**

Las razones que fundamentan la realización del estudio son:

- Documentar y establecer los patrones de comportamiento del concreto hidráulico con el ensayo ultrasónico para determinar la densidad y la resistencia de dichos concretos con un grado de confiabilidad aceptable.

- Conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de Cunyac y su influencia en la densidad y resistencia el concreto medidos con ultrasonido.
- Reducir los tiempos de evaluación de calidad de concretos sin necesidad de roturar dichos concretos.
- Contribuir a la conservación del medio ambiente evitando la generación de desperdicio de concreto hidráulico producto de la rotura de testigos.
- Simular las condiciones reales de un concreto que se encuentra bajo confinamiento.

#### **1.4 Limitaciones y viabilidad de la investigación**

Limitaciones:

- Los resultados de la investigación estarán limitados a la determinación de la densidad y resistencia de concretos de  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac, utilizando el equipo de ultrasonido y mediante estos resultados plantear ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento de dichos concretos.

Viabilidad:

- La escuela profesional de Ingeniería Civil cuenta con el equipo de ultrasonido y el equipo de triaxial de rocas.
- La determinación de la densidad y resistencia de concretos hidráulicos se basan en las normas:

- ✓ Ensayo de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto ASTM C39.
- ✓ Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- ✓ ASTM C597 Método de prueba estándar para la velocidad de pulso a través del concreto.
- ✓ Ensayo para la medición de asentamiento ASTM C143.
- ✓ Ensayo para determinar el contenido de aire ASTM C138.
- ✓ Ensayo para determinar la temperatura ASTM C1064.
- ✓ Ensayo triaxial de concreto.

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivos generales**

- Validar la utilización del equipo de ultrasonido y equipo triaxial en la determinación de la densidad y la resistencia de concretos hidráulicos de  $f'_c=140, 175, 210, 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Plantear ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento del concreto hidráulico con  $f'_c= 140, 175, 210, 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup> en la medición de la densidad y resistencia a la compresión mediante ultrasonido
- Caracterizar el comportamiento de los agregados de la cantera de Cunyac en la densidad y resistencia del concreto hidráulico de  $f'_c= 140, 175, 210, 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup>, medidos con ultrasonido.

- Establecer el incremento de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico de  $f_c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac, bajo confinamiento triaxial.

## **1.6 Formulación de hipótesis**

Planteado las ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento del concreto hidráulico con  $f_c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>, se verificará la validez del ensayo ultrasónico en la determinación de la densidad y resistencia de concreto hidráulico a los 7, 14, 21 y 28 días de curado con un grado de confiabilidad aceptable.

La resistencia a la compresión del concreto de  $f_c=$ 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac, incrementará bajo condiciones de confinamiento.

## 2. CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del estudio

**Tesis:** “Estudio experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple”, presentado por los bachilleres Gabriela Valencia Elguera y Miguel Ángel Ibarra Navarro, para optar al título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Cuyas conclusiones son:

- Se comprueba que la influencia del TMN del agregado grueso en la Velocidad de Pulso Ultrasónico se manifiesta directamente proporcional al tamaño del agregado, es decir, para un mismo valor de Resistencia a Compresión se tiene mayor Velocidad de Pulso Ultrasónico en un concreto con Huso 57 (TMN 1”) respecto de uno con Huso 67 (TMN 3/4”); lo cual confirma una de las hipótesis de la presente investigación.
- Se comprueba que la influencia de la relación Agua/Cemento en la Velocidad de Pulso Ultrasónico es inversamente proporcional, es decir para una misma edad se tiene mayor Velocidad de Pulso Ultrasónico en un concreto con A/C = 0.5 respecto de uno con A/C = 0.9; lo cual confirma otra de las hipótesis de la presente investigación.
- Entre los modelos de aproximación estadística estudiados, el de mayor éxito, para representar los patrones de comportamiento de concretos con características similares a los del estudio, resultó ser el **modelo de aproximación Cúbica**. Su efectividad, medida por el error en la estimación de la Resistencia a Compresión (Porcentaje

Residual) en base a la medición de la Velocidad de Pulso Ultrasónico, se detalla como sigue:

- En base a datos obtenidos en **Laboratorio** (condiciones controladas), el error resulta alrededor de **+/-14%**, al trabajar con concretos elaborados con el TMN 1” de agregado grueso, equivalente al **Huso 57**, aplicando la siguiente expresión:

$$R=2.782*10^2+6.347*10^{-1}*(V-4488.33)+1.132*10^{-4}*(V-4488.33)^2-1.468*10^{-6}*(V-4488.33)^3$$

- En base a datos obtenidos en **Laboratorio** (condiciones controladas), el error resulta alrededor de **+/-21%**, al trabajar con concretos elaborados con el TMN 3/4” de agregado grueso, equivalente al **Huso 67**, aplicando la siguiente expresión:

$$R=2.407*10^2+5.129*10^{-1}*(V-4223.33)+4.115*10^{-4}*(V-4223.33)^2-4.567*10^{-7}*(V-4223.33)^3$$

**Tesis:** “**Estudio Experimental del comportamiento del hormigón confinado sometido a compresión**”, presentado por Carlos Aire Untiveros para optar al grado de Doctor en la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona – España, 2002

Cuyas conclusiones son:

- Se ha comprobado que el hormigón de baja resistencia es más dúctil bajo confinamiento, en comparación con el hormigón de alta resistencia. Y en general, el confinamiento aumenta la resistencia a la compresión del hormigón, así como su capacidad de deformación, mejorando su ductilidad. El efecto de la presión de confinamiento, en términos de incremento de resistencia y deformación, es mayor en el hormigón de baja resistencia.

- En el hormigón de baja resistencia H30, la resistencia del hormigón confinado se incrementó 4 veces la resistencia del hormigón sin confinar para una presión de confinamiento de 35 MPa, equivalente a un nivel de confinamiento de 1.0. En el hormigón de alta resistencia H70, el incremento fue de 3 veces la resistencia del hormigón sin confinar para 50 MPa de presión de confinamiento, equivalente a un nivel de confinamiento de 0.70, mientras que en el caso del hormigón de alta resistencia HE70 fue de 3.6 veces la resistencia del hormigón sin confinar para una presión de confinamiento de 50 MPa, equivalente a un nivel de confinamiento de 0.85.
- Se pueden alcanzar muy altas resistencias, cuando un hormigón es confinado, y mantener aún un nivel importante de deformación bajo carga. En el caso del hormigón de baja resistencia se alcanzó una resistencia máxima del orden de 150 MPa; y para los hormigones de alta resistencia, del orden de 200 MPa.
- La deformación máxima, correspondiente a la tensión máxima, registrada en los ensayos confinados, fue muy superior a aquella del hormigón sin confinar. En el caso del hormigón de baja resistencia H30, la deformación máxima registrada fue 18 veces la del hormigón sin confinar, para un nivel de confinamiento de 1.0. En los casos de los hormigones de alta resistencia H70 y HE70, fueron de casi 10 y 9 veces la deformación máxima del hormigón sin confinar, para niveles de confinamiento de 0.70 y 0.85, respectivamente.
- La ductilidad de los hormigones confinados calculada mediante valores que relacionan áreas bajo la curva tensión-deformación axial se incrementa con el incremento de la presión hidrostática de confinamiento.

---

**Tesis: “Influencia del agregado en la resistencia a la compresión del concreto”,** presentado por el Br. Aguirre Carrasco Enrique y el Br. Dueñas Dueñas Henry Augusto para optar al título profesional de ingeniero civil en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco 2001

Cuyas conclusiones son:

- La resistencia a compresión del concreto encontrada en cada una de las canteras en estudio, presenta un crecimiento ascendente, demostrando que las cuatro canteras son buenas para ser utilizadas como agregados para concretos, pero existen diferencias en la evolución para alcanzar la resistencia deseada, en los primeros 7 días, los especímenes alcanzan resistencias en el orden del 71.16%, el valor más alto el cual corresponde a la cantera de Zurite, hasta el el orden del 66.68%, el más bajo valor correspondiente a la cantera de Pisaq, esta diferencia va creciendo a medida que madura el concreto, parte de un 4.48% a los 7 días para luego llegar a un 8.56% de diferencia a los 60 días, esto refleja que los agregados de superficie rugosa tienen mejor comportamiento debido a su mejor adherencia con la pasta, esta conclusión se basa a los promedios de los valores de las pruebas realizadas en laboratorio de cada una de las canteras.

**Tesis: “Estudio comparativo de la resistencia de los concretos empleando los cementos comerciales en Cusco”,** presentado por el Br. Fernández Montero Kevin V. y el Br. Velarde Acarapi, Gustavo para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

Cuyas conclusiones son:

- Diseño de mezclas con el método ACI – 211 con piedra chancada

- ✓ Se registran en los resúmenes por tanda dadas en el acápite 4.1.12 que el peso específico del cemento influye en la cantidad del agregado fino.
- ✓ El diseño de mezclas aplicable a los cementos tipo I y tipo HE, mientras que para el cemento tipo IP se requiere hacer un reajuste para poder llegar a la resistencia de diseño.
- ✓ La corrección por absorción y humedad influyen de manera considerable en la cantidad de agua final.
- Fraguado y curado
  - ✓ El concreto fabricado con cemento tipo IP tiene mayor exudación, está influenciada por la finura del cemento

## **2.1 Bases teóricas científicas**

### **2.1.1 El concreto**

El concreto viene a ser un material indispensable en la construcción moderna, un material que es ampliamente estudiado en el mundo y al cual todavía no se le ha encontrado un sustituto que pueda superar las bondades que ofrece éste, por ello se define:

“El concreto es un material de construcción inventado y fabricado por el hombre a partir de una combinación adecuadamente dosificada y convenientemente mezclada de cemento portland, agua y agregado fino y grueso; mezcla a la que se podrían añadir aditivos, adiciones y fibra.” (Rivva López, 2012, pág. 10).

### **2.1.1.1 Componentes del concreto**

De la misma definición de concreto se desprende los componentes del dicho material, puesto que sin ellos no sería concebido como tal.

“La tecnología del Concreto moderna define para este material cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo”. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 13).

En la actualidad se considera a los aditivos como un componente adicional que está demostrando sus ventajas a nivel de economía, tiempo y rendimientos ya que mejora algunas propiedades del concreto como son: la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad.

#### ***1.1.1.2.1 El cemento***

“Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 17)

“El cemento es el componente más importante y activo del concreto, por lo que su adecuada selección y empleo son fundamentales para obtener, en una forma económica, las propiedades deseadas en una mezcla dada. Pertenece al grupo de los denominados aglomerados hidráulicos que endurecen mezclados con el agua y resisten a la acción de esta.” (Rivva López, 2012, pág. 11).

“Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire,

quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y yesos.” (RNE-NORMA E-060, 2004)

Las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales, son:

***Tabla 1 Materias primas y sus proporciones del Cemento Portland***

	<b>Componente químico</b>	<b>Procedencia usual</b>
95%	Óxido de calcio (CaO)	Rocas calizas
	Óxido de sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Óxido de fierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, mineral de hierro, pirita
5%	Óxidos de magnesio, sodio	Minerales varios
	Potasio, titanio, azufre	
	Fósforo y manganeso	

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Enrique Pasquel Carbajal

A continuación, se detallan los porcentajes típicos de los óxidos en el cemento portland.

***Tabla 2 Porcentajes típicos en que intervienen los óxidos en el cemento portland***

<b>Óxido componente</b>	<b>Porcentaje típico</b>	<b>Abreviatura</b>
CaO	61% - 67%	C
SiO <sub>2</sub>	20% - 27%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 7%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 4%	F
SO <sub>3</sub>	1% - 3%	
MgO	1% - 5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25% - 1.5%	

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Enrique Pasquel Carbajal

El cemento, que normalmente se utiliza en nuestro país, es el Portland normal, que la NTP lo considera como los cementos tipo I, II y V y el cemento compuesto tipo IP. El tipo IP, es el que tiene mayor preferencia en la localidad del Cusco.

El cemento tipo IP se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 38).

### **1.1.1.2.2 El agua**

“El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.”

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 17).

El agua tiene tres funciones principales:

- A. Hidratar al cemento, de tal forma que produzca su reacción química.
- B. Facilitar la trabajabilidad de la mezcla
- C. Generar vacíos, en porcentaje suficiente, de tal forma que se produzca la hidratación del cemento.

El agua de mezcla debe estar limpia y libre de impurezas, de tal forma que no produzca perjuicios en el concreto, estas impurezas pueden ser: aceites, ácidos, álcalis o materias orgánicas, su PH no es inferior a 7.

**Tabla 3 Límites permisibles para agua de mezcla y curado**

<b>Descripción</b>	<b>Límite permisible</b>
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ión SO <sub>4</sub> )	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ión Cl)	1000 p.p.m. máximo
Ph	5 a 8

Fuente: Según la norma ITINTEC 339.088

### **1.1.1.2.3 El agregado**

“Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan

---

alrededor de las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total, luego la calidad de estos tiene una importancia primordial en el producto final.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 69).

### **A Clasificación de los agregados**

- **Agregados naturales**

Son aquellos agregados que están formados gracias a los procesos geológicos naturales, y a los que han sido sometidos durante miles de años. Estos agregados son extraídos, seleccionados y procesados para su utilización en la producción del concreto (Pasquel Carbajal, 1998)

- **Agregados artificiales**

Son aquellos agregados que están formados mediante un proceso de transformación de materiales naturales, los cuales proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se pueden emplear en la producción de concreto (Pasquel Carbajal, 1998).

Algunos agregados que pertenecen a esta clasificación, son la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce, etc (Pasquel Carbajal, 1998).

### **B Por su gradación**

- **Agregado fino**

“Se considera como agregado fino a aquel comprendido entre las mallas N° 4 y N° 200 y proviene de arenas naturales o de la trituración de las rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otras fuentes aprobadas por la supervisión. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del 30% del agregado fino. El agregado

fino no deberá presentar reactividad potencial (álcali-sílice y/o álcali-carbonato), con los hidróxidos alcalinos de la pasta” (Rivva López, 2012, pág. 12).

La siguiente tabla, muestra la curva granulométrica para agregado fino.

*Tabla 4 Límites para la curva granulométrica del agregado fino*

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
3/8 ”	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	05 – 30
N° 100	0 - 10

Fuente: NTP 400.037

- **Agregado grueso**

“Como agregado grueso se considera a aquel material granular cuyas fracciones están comprendidas entre el tamiz de 2” y el tamiz N° 4 y proviene de gravas naturales o de la trituración de rocas, gravas o fuentes aprobadas por la supervisión.” (Rivva López, 2012, pág. 12).

Se considera que el agregado grueso debe ser limpio, de caras angulares o semiangulares, duro compacto y resistente, de textura preferentemente rugosa, debiendo estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas (Rivva López, 2012).

Según Rivva López, en su libro Ataques al Concreto, El tamaño nominal del agregado grueso no deberá ser mayor, de lo que a continuación se indica:

- ✓ Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- ✓ Un tercio del peralte de las losas; o

- ✓ Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de refuerzo

*Tabla 5 Requisitos granulométricos del agregado grueso*

HUSO	TMN <sup>2</sup>	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS														
		mm	100	90	75	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.03
		mm	pulgadas	4	3 1/2	3	2 ½	2	1 ½	1	¾	½	3/8	N°4	N°8	N°16
1	90 a 37.5	3 ½ a 1 ½	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2	63 a 37.5	2 ½ a 1 ½	---	---	100	90 a 100	35 a 75	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50 a 25.0	2 a 1	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---
357	50 a 4.75	2 a N°4	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	37.5 a 19.0	1 ½ a ¾	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37.5 a 4.75	1 ½ a N°4	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25.0 a 9.5	1 a ½	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25.0 a 9.5	1 a 3/8	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25.0 a 4.75	1 a N°4	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19.0 a 9.5	¾ a 3/8	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19.0 a 4.75	¾ a N°4	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12.5 a 4.75	½ a N°4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9.5 a 2.36	3/8 a N°8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9.5 a 1.18	3/8 a N°16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18	N°4 a N°16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma ASTM C33

## **C Por su densidad**

“Entendiendo densidad como la gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con  $G_e = 2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $G_e < 2.5$  y pesados con  $G_e > 2.75$ , cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 72).

### **2.1.1.2 Propiedades del concreto**

#### **2.1.1.2.1 La Trabajabilidad**

“Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado sin segregación alguna.” (Abanto Castillo, 2017, pág. 49).

Según Abanto Castillo, en su libro Tecnología del Concreto, La Trabajabilidad depende de los siguientes factores

- Contenido de agua en la mezcla
- Proporciones de los agregados
- Cantidad de cemento, la Trabajabilidad del concreto aumenta con el contenido del cemento y con la fineza de éste.
- Aditivos.
- Forma y tamaño de los encofrados y el método de compactación.

### **2.1.1.2.2 La consistencia**

“Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.” (Abanto Castillo, 2017, pág. 50).

La trabajabilidad se mide con el ensayo de consistencia o “Slump test”, en la cual hay que vaciar una muestra de concreto en un molde troncocónico estandarizado y medir el revenimiento después de sacar el molde. Dicho molde, tiene como características principales, sus bases paralelas con diámetros 4 y 8 pulgadas y una altura de 12 pulgadas, la cual se trabaja para el compactado del concreto, con una barra de acero liso de 5/8” y de 24 pulgadas de longitud.

#### **A. Según Abanto Castillo, el procedimiento de ensayo de consistencia**

- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio de volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
- En seguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la inmediata inferior.
- La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y a altura de la mezcla fresca se denomina Slump.

- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deden transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de 5 segundos.

### **2.1.1.2.3 La resistencia**

“Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 78).

La resistencia a compresión del concreto es inversamente proporcional a la porosidad y la absorción y directamente proporcional al peso específico.

El peso específico de los agregados determina en gran medida la resistencia del concreto.

**Tabla 6 Relación de peso específico y Resistencia a la compresión**

<b>Peso específico de agregado</b>	<b>Resistencia del concreto</b>
2.5 – 2.7 gr/cm <sup>3</sup>	750 – 1200 kg/cm <sup>2</sup>
1.6 – 2.5 gr/cm <sup>3</sup>	200 – 750 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Enrique Pasquel Carbajal

### **2.1.1.2.4 La permeabilidad y hermeticidad**

“La hermeticidad se define como la capacidad de concreto de retener el agua sin escapes visibles y la permeabilidad se refiere a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etc). Ésta está asociada a su vulnerabilidad al ataque de muchas sustancias que lo pueden deteriorar.” (Abanto Castillo, 2017, pág. 49).

### **2.1.1.2.5 La Durabilidad**

“La durabilidad es la capacidad que tiene el concreto para resistir en forma satisfactoria las condiciones de servicio a las que estará expuesto, una vez colocado en la estructura, tales como clima, ataques químicos o cualquier otro proceso” (Abanto Castillo, 2017, pág. 48).

Según Abanto Castillo, los factores que influyen en la durabilidad del concreto, son:

- Las condiciones ambientales: aire, agua, suelos, gases, congelación, humedecimiento y secado, sustancias disueltas en el agua o sustancias dañinas en contacto directo.
- La calidad de los materiales utilizados en la elaboración (cemento, agregados, agua)
- Condiciones de servicio.
- Una vez que una estructura de concreto entra en funcionamiento, paralelamente debe iniciarse la etapa de mantenimiento.

## **2.1.2 Ultrasonido**

### **2.1.2.1 Definición**

El ultrasonido son aquellas ondas acústicas en las que su frecuencia está por encima de lo que el oído humano puede oír, vale decir, frecuencias por encima de los 20 000 Hz.

“La naturaleza ultrasónica es debido a que tienen frecuencias altas y longitud de onda cortas, apropiadas para el ensayo de los materiales, para inspeccionar el interior de las piezas que ofrecen una trayectoria continua a la propagación de las ondas sonoras. Para generar onda ultrasónica, se utiliza un transductor piezoeléctrico que convierte las señales eléctricas en señales sonoras, y viceversa. El transductor consiste en un cristal (de cuarzo) piezoeléctrico insertado en un alojamiento a prueba de agua, que facilita su conexión eléctrica a un generador o transmisor-receptor de pulsos (modo pulso/ eco); en el modo

de transmisión, se aplica al cristal un pulso de energía eléctrica de corta duración y alto voltaje, provocando que cambie rápidamente su configuración geométrica, deformándose, y emita un pulso de energía acústica (onda) de alta frecuencia” (Santos De La Cruz, Cancino Vera, Yenque Dedos, Ramirez Morales, & Palomino Pérez, 2005, pág. 26).

Se conoce que algunos insectos y mamíferos, tales como los delfines y los murciélagos son capaces de producir y distinguir los ultrasonidos, ya que lo utilizan de forma parecida a los radares para su orientación, emitiendo ondas tan altas que “rebotan” fácilmente en todos los objetos alrededor de ellos, lo que les permite crear una imagen de lo que está a su alrededor para poder orientarse fácilmente.

### **2.1.2.2 Historia**

El ultrasonido fue descubierto por el biólogo italiano Lazzaro Spallanzani en el siglo XVIII, quien descubre que los murciélagos utilizaban este tipo de ondas sonoras para su orientación y para atrapar a sus presas.

En el siglo XIX, El físico y matemático austriaco Christian Andreas Doppler, realiza experimentos novedosos, llamándolo el "Efecto Doppler" el cual consistía en observar ciertas propiedades de la luz en movimiento, que eran aplicables a las ondas del Ultrasonido; se desarrolla el silbato de Galton y del diapasón, que eran capaces de producir este tipo de sonidos.

En el siglo XX el físico francés P. Langevin y el Dr. C. Chilowsky lograron desarrollar el primer generador ultrasónico por medio de un piezoeléctrico; el científico ruso S. Y. Sokolov propuso el uso del ultrasonido como mecanismo válido para la inspección industrial, particularmente para la búsqueda de defectos.

El ultrasonido en el concreto fue desarrollado por primera vez en Canadá por Leslie y Cheesman entre 1945 y 1949, así como también en Gran Bretaña por Jones y Gatfield, de forma muy independiente.

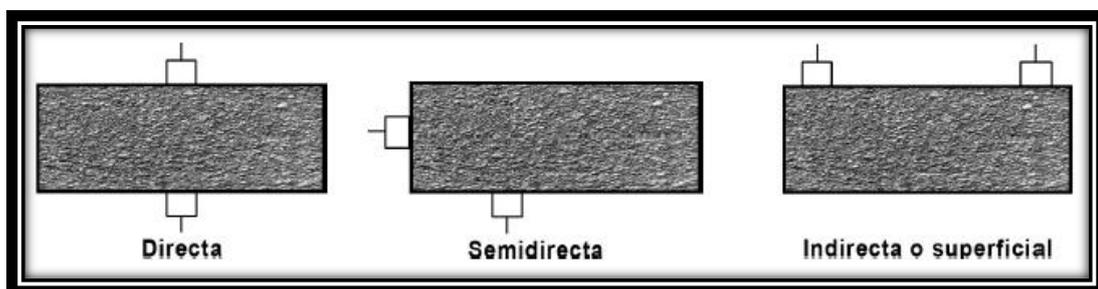
### 2.1.2.3 Medida de la velocidad de pulso

La velocidad de los pulsos de ultrasonido que viajan en un material sólido depende de la Densidad y las características elásticas del material. La calidad de algunos Materiales se relaciona a veces con su tiesura elástica, entonces la medida de la velocidad del pulso de ultrasonido en tales materiales a menudo indicará su calidad, así como determinará sus características elásticas.

### 2.1.2.4 Disposición de los transductores

Se usan tres disposiciones de transductores, estos son de forma directa, semidirecta e indirecta o superficial.

*Imagen 1 Disposición de los transductores*

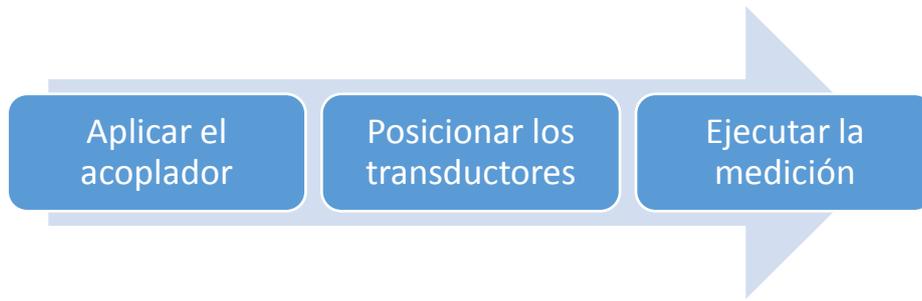


Fuente: Manual de Operación de Pundit Lab, Instrumento ultrasónico

Es conveniente usar la forma directa, ya que, esta disposición de los transductores garantiza la máxima transmisión de señales entre los transductores. La disposición semidirecta es menos sensible que la directa pero más sensible que la disposición indirecta. La longitud de recorrido es la distancia entre los centros de los transductores.

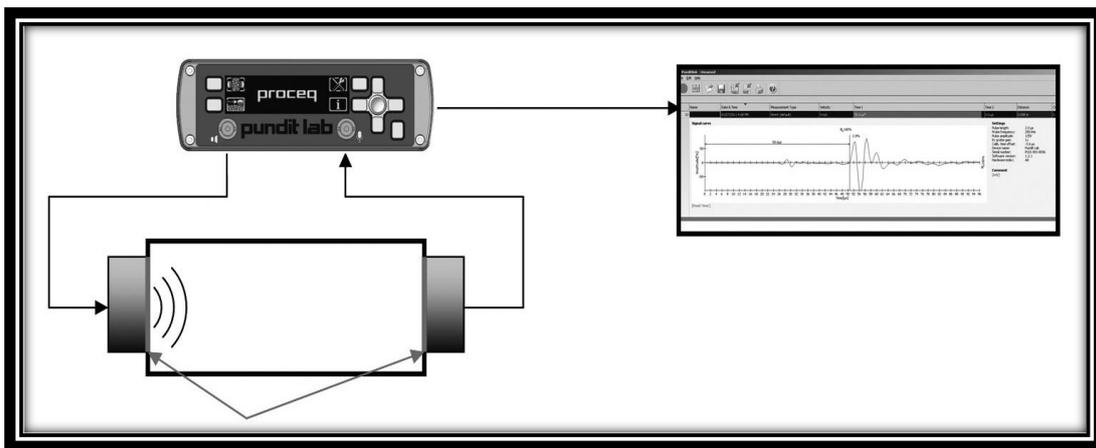
El procedimiento de medición estándar será.

*Esquema 1 Procedimiento de medición estándar*



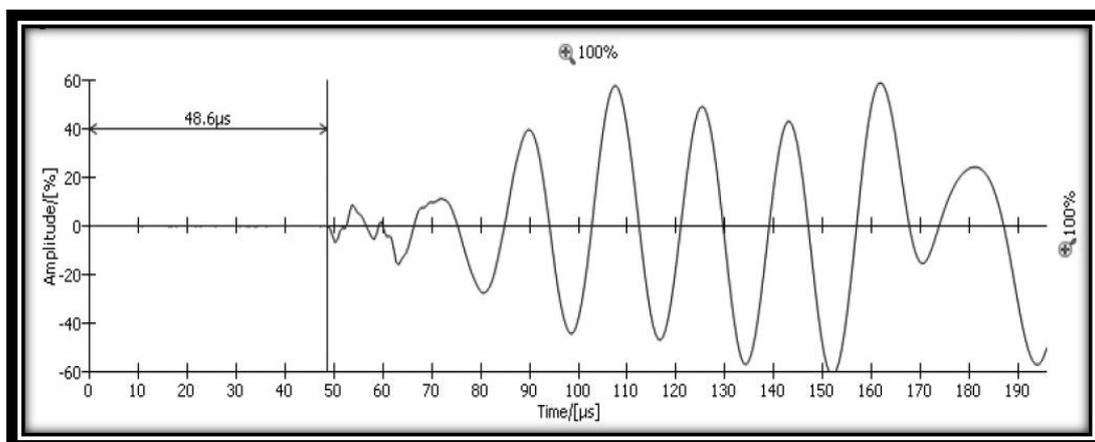
Fuente: Elaboración propi

*Imagen 2 Modo de ejecución con transductores*



Fuente: Manual de operaciones de Pundit Lab, Instrumento Ultrasónico.

*Imagen 3 Forma de onda del ultrasonido*



Fuente: Manual de operaciones de Pundit Lab, Instrumento Ultrasónico

### **2.1.3 Tensión triaxial**

Este ensayo representa las condiciones del espécimen insitu, sometidas a esfuerzos confinantes, mediante la aplicación de presión hidráulica uniforme alrededor de la probeta. Permite determinar la envolvente o línea de resistencia del material ensayado, a partir de la que se obtienen los valores de sus parámetros resistentes cohesión  $C$  y fricción  $\phi$ .

“En los ensayos triaxiales, la aplicación de la presión de confinamiento a la probeta implica requisitos rigurosos sobre la capacidad de carga y rigidez de la máquina de ensayo, aún para hormigones con resistencias dentro del rango normal. Estos requisitos llegan a ser más pronunciados con resistencias a compresión más elevadas. Por esta razón, la mayoría del trabajo experimental se relaciona con hormigón de resistencia normal.” (Aire Untiveros, Estudio Experimental del Comportamiento del Hormigón sometido a Compresión, 2002).

Diversos estudios de compresión triaxial a especímenes de concreto han sido realizados y la mayoría de éstos, utilizando probetas cúbicas de dimensiones inferiores a 10 cm y con resistencias a compresión simple que oscilan entre 50 a 300 kg/cm<sup>2</sup> con presiones de confinamiento bajos.

### **2.1.4 Ensayos en el concreto**

#### **2.1.4.1 Ensayos en el concreto en estado fresco.**

##### ***1.4.1.2.1 Ensayo para medición de asentamiento ASTM C143***

#### **A. Definición**

Este método de ensayo determina el revenimiento de un concreto de cemento hidráulico plástico, en la que una muestra de concreto recién mezclado se coloca y compacta mediante varillado en un molde conformado como un tronco de cono. El

---

molde se levanta, y se permite que el concreto descienda. La distancia vertical entre la posición original y la posición desplazada del centro de la cara superior del concreto se mide y se informa como el asentamiento del concreto.

Este método de ensayo se considera aplicable a concreto plástico que contiene agregado grueso con tamaño hasta de 1 ½ pulg.(37.5 mm).

Concretos que tienen revenimientos menores de ½ pulg. (13 mm) pueden no ser adecuadamente plásticos y concretos que tienen revenimientos mayores de 9 pulg. (230 mm) puede no ser adecuadamente cohesivo para que este ensayo tenga significado.

## **B. Aparatos**

- Moldes

El espécimen de ensayo será formado en un molde metálico, tendrá la forma en la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulg. (203 mm) de diámetro, en la parte superior 4 pulg. (102 mm) de diámetro y una altura de 12 pulg. (305 mm). La base y la parte superior serán abiertas y paralelas una respecto a la otra y en ángulo recto con el eje del cono. El molde estará provisto con piezas para el pie y agarraderos y provisto de sujetadores convenientemente dispuestos para que pueda quitarse completamente sin mover el molde.

- Apisonador

El apisonador será una varilla de acero recta y lisa de 5/8 pulg. (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulg. (600 mm) de longitud, teniendo un extremo redondeado de tipo semiesférico con diámetro de 5/8 pulg.

## **C. Muestra**

La muestra de concreto de la cual se harán los especímenes, será representativa de la revoltura.

#### **D. Procedimiento**

- Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente (rígida). Será sujetado por el operador firmemente en su lugar durante el llenado, colocándose sobre las dos piezas para pie.
- Se llenará inmediatamente el molde en tres capas, cada una de aproximadamente un tercio del volumen del molde. Nota 2 – Un tercio del volumen del molde se llena a una altura de 2 5/8 pulg. (67 mm); dos tercios del volumen se llenan a una altura de 6 1/8 pulg. (155 mm).
- Apisone cada capa con 25 golpes de la varilla. Distribuya uniformemente los golpes sobre la sección de cada capa.
- Para la capa inferior será necesario inclinar la varilla ligeramente y hacer aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y luego avanzar espiralmente con golpes verticales hacia el centro. Apisone la capa inferior en todo su espesor.
- Apisone la segunda capa y la capa superior, cada una a través de su espesor, de tal manera que los golpes penetren ligeramente en la capa inferior. Al llenar y apisonar la capa superior, acumular el concreto sobre el molde antes de iniciar el apisonado. Si de la operación de apisonado, el concreto se asienta bajo el borde superior del molde, añadir concreto para mantener un exceso sobre ese borde todo el tiempo.
- Después que la última capa ha sido apisonada, alisar la superficie de concreto por medio de un movimiento de rodar la varilla.
- Inmediatamente remover el molde del concreto, levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Levante el molde una distancia de 12 pulg. (300 mm) en

---

5 + - 2 segundos mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin movimiento lateral o torsional.

- El ensayo completo desde el inicio del llenado hasta la remoción del molde, deberá hacerse sin interrupción y terminarse en un lapso de tiempo de 2 1/2.
- Medir inmediatamente el revenimiento, determinando la diferencia vertical entre el borde del molde y el centro original desplazado de la cara superior del espécimen.

#### **D. Informe**

Registre el revenimiento en términos de pulgadas (milímetros) con una precisión de ¼ pulg. (6 mm) de hundimiento del espécimen durante el ensayo como sigue:

Revenimiento = 12 pulgadas de altura después del asentamiento

#### **E. Desviación**

Desviación – Este método de ensayo no tiene desviación puesto que el revenimiento es definido únicamente en términos de este método de ensayo.

### ***1.4.1.2.2 Método de Ensayo Estándar para Densidad (Peso Unitario), Volumen y Contenido***

***de Aire (Método Gravimétrico) en una Mezcla de Concreto ASTM C 138 – 01 AASHTO***

***No.: T 121***

#### **A. Definición**

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad en mezclas de concreto fresco y proporciona fórmulas para calcular el volumen producido, contenido de cemento y contenido de aire del concreto. El peso unitario es la masa por unidad de volumen.

Es calculado con la siguiente ecuación:  $T = M / V$

Donde:

T= Densidad teórica del concreto con base a aire libre

M = Masa total de todo el material de la revoltura, lb o kg

V = Volumen absoluto total de los ingredientes componentes de la revoltura

## **B. Aparatos**

- **Balanza**

Una balanza o báscula con precisión de 0.1 lb (45 g) o dentro del 0.3% de la carga de ensayo, la que sea mayor.

- **Varilla de Apisonado**

Una varilla de acero redonda, con un diámetro de 5/8” (16 mm) y aproximadamente 24” (600 mm) de longitud, con uno de los extremos redondeados en forma de media esfera.

- **Vibrador interno**

Los vibradores internos pueden ser de flecha rígida o flexible, de preferencia accionados por motor eléctrico. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 vibraciones por minuto o mayor cuando este en uso. El diámetro externo o la dimensión lateral del elemento que vibra, será de al menos 0.75” (19 mm) y no mayor que 1.50” (38 mm). La longitud del vástago será al menos 24” (600 mm).

- **Recipiente para medir**

Un recipiente cilíndrico de acero u otro metal adecuado. La capacidad mínima del recipiente medidor estará de acuerdo con los siguientes requisitos, basado en el tamaño nominal del agregado en el concreto a ser ensayado.

*Tabla 7 Capacidad de recipientes*

Tamaño máximo nominal de los agregados		Capacidad del recipiente	
Pulgadas	mm	Pie <sup>3</sup>	Litros
1	25	0.2	6
1 1/2	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1	28
4 1/2	112	2.5	70
6	150	3.5	100

Fuente: ASTM C138

- **Placa de enrasado**

Una placa metálica rectangular, plana y de al menos ¼” (6 mm) de espesor o una placa de vidrio o acrílico de al menos ½” (12 mm) de espesor, con una longitud y ancho de al menos 2” (50 mm) mayor que el diámetro del medidor con el cual se use. Los bordes de la placa deberán ser rectos y lisos con una tolerancia de 1/16” (2 mm).

- **Mazo**

Un mazo (con cabeza de hule o cuero) que tenga una masa de 1.25 - 0.50 lb (600 - 200 g) para usarse con recipiente de 0.5 pie<sup>3</sup> (14 L) o menor, y un mazo teniendo una masa de 2.25 - 0.50 lb (1000 - 200 g) para usarse con medidores mayores de 0.5 pie<sup>3</sup>.

### C. Procedimiento

- Apisone concretos con revenimiento mayor de 3” (75 mm). Apisone o vibre concretos con revenimiento de 1 a 3” (25 a 75 mm). Consolide concretos con un revenimiento menor de 1” por vibración.
- Coloque el concreto en el recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen. Apisone cada capa con 25 golpes de varilla cuando son usados recipientes de 0.5 pie<sup>3</sup> (14 L) o menores, y con 50 golpes cuando se usen

---

recipientes de 1 pie<sup>3</sup> (28 L), y un golpe por cada 3 pulg<sup>2</sup> (20 cm<sup>2</sup>) de superficie para recipientes más grandes.

- Apisone la capa del fondo en su profundidad total sin golpear con fuerza el fondo del recipiente. Distribuya los golpes uniformemente sobre la superficie de cada capa. Para las dos capas superiores penetre aproximadamente 1” (25 mm) en la capa inferior. Después de apisonar cada capa, golpee suavemente los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el mazo adecuado para cerrar huecos que haya dejado la varilla de apisonamiento y liberar burbujas de aire atrapadas. Añada la última capa evitando sobrellenar el recipiente.
- Llene y vibre el recipiente en dos capas aproximadamente iguales. Vierta todo el concreto para cada capa antes de iniciar la vibración de la misma. Inserte el vibrador en tres puntos diferentes de cada capa. Al compactar la capa del fondo no permita que el vibrador descansa o toque el fondo o los lados del recipiente. Al compactar la capa superior, el vibrador debe penetrar la capa inferior aproximadamente 1” (25 mm). Tenga cuidado de sacar el vibrador de modo que no quede aire atrapado en la muestra. La duración requerida de vibración dependerá de la consistencia del concreto y de la efectividad del vibrador.
- Al completar la consolidación del concreto el recipiente no debe contener un sustancial exceso o deficiencia de concreto. Un exceso de concreto de aproximadamente 1/8” (3 mm) por encima del borde del recipiente es lo óptimo. Se puede agregar una cantidad pequeña de concreto si es necesario.
- La remoción y aplanado se logra mejor presionando la placa de perfilado sobre la superficie del recipiente cubriendo aproximadamente dos terceras partes de esta y retirando la placa con movimiento a manera de serrucho sobre el área

cubierta. Luego coloque la placa en el borde superior del recipiente, cubriendo los dos tercios originales y avance con presión vertical y movimiento de aserrado sobre toda la superficie.

- Después del enrazamiento limpie todo el concreto del exterior del recipiente y determine la masa del concreto y recipiente.

#### **D. Cálculos**

- **Densidad (Peso Unitario)**

Calcule la masa neta del concreto en libras o kilogramos restando la masa del recipiente de la masa del recipiente lleno de concreto. Calcule la densidad, dividiendo la masa neta de concreto por el volumen del recipiente.

Como sigue:

$$D = \frac{(Mc - Mm)}{Vm}$$

Donde:

D= Densidad (peso unitario) del concreto, kg/m<sup>3</sup>

Mc= Masa de la medida llena de concreto, kg

Mm= Masa de la medida, kg

Vm= Volumen de la medida

- **Volumen**

Calcule el volumen como sigue:

$$Y = \frac{M}{D}$$

Donde:

Y= Volumen del concreto producido por revoltura, m<sup>3</sup>

M= Masa total de todo el material de la revoltura, kg

---

D= Densidad (peso unitario) del concreto kg/m<sup>3</sup>

- **Volumen relativo**

El volumen relativo es la relación entre el volumen actual de concreto obtenido respecto al volumen diseñado para una revoltura.

Calculado como sigue:

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Donde:

Ry= Volumen relativo.

Y= Volumen del concreto producido por revoltura, m<sup>3</sup>

Yd= volumen de concreto para el cual la mezcla fue diseñada para producir, m<sup>3</sup>.

Un valor de Ry mayor que 1.00 indica exceso de concreto producido, en cambio un valor menor que esto indica que la mezcla se queda corta respecto al volumen diseñado.

- **Contenido de cemento**

Calcule el contenido de cemento actual como sigue:

$$C = \frac{Cb}{Y}$$

Donde:

C = contenido de cemento actual kg/m<sup>3</sup>

Cb= Masa de cemento en la revoltura, kg

Y= Volumen del concreto producido por revoltura, m<sup>3</sup>

- **Contenido de aire**

Calcule el contenido de aire como sigue:

$$A = \frac{[(Y - V)]}{Y} * 100$$

Donde:

A = Contenido de aire (porcentaje de vacíos) en el concreto

Y= Volumen del concreto producido por revoltura, m3

V= Volumen absoluto total de los componentes de la revoltura, m3

- **Tendencia**

Este método de ensayo no tiene tendencia debido a que la densidad es definida solamente en términos de este método de ensayo.

## **2.1.4.2 Ensayos en el concreto en estado endurecido**

### ***2.4.1.2.1 Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes***

#### ***Cilíndricos de Concreto ASTM C 39 / C 39M – 01***

##### **A. Definición**

Este método de ensayo determina la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto tales como cilindros moldeados y núcleos taladrados. Está limitado al concreto que tenga un peso unitario mayor de 50 lb/pie3 (800 Kg/m3).

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión al cilindro moldeado o núcleo a una razón que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

Los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma del espécimen, revoltura, procedimiento de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, fabricación y edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

---

Los resultados de este método de ensayo son usados como una base para el control de calidad de las operaciones de proporcionamiento, mezclado y colocación del concreto; determinación de concordancia con las especificaciones; control para evaluación de la efectividad de los aditivos y usos similares.

## **B. Aparatos**

- **Máquina de Ensayo**

La máquina de ensayo será de un tipo que tenga suficiente capacidad y capaz de proporcionar la razón de carga prescrita.

Se requiere la verificación de la calibración de las máquinas de ensayo bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Después de transcurrir un intervalo de 18 meses máximo, desde la verificación, pero preferiblemente después de un intervalo de 12 meses.
- ✓ En la instalación original o reubicación de la máquina.
- ✓ Inmediatamente después de hacer una reparación o ajuste, que afecte la operación del sistema aplicando fuerza de la maquina o el valor displayado en el sistema indicador de carga, excepto para el ajuste a cero que compensa para la masa del bloque de carga, o espécimen o ambos.
- ✓ Cuando hay una razón para dudar de la precisión de los resultados, sin considerar el intervalo de tiempo desde la última verificación.

El diseño de la maquina puede incluir las siguientes características:

- ✓ La máquina puede ser operada con energía y aplicará la carga continuamente, más bien que intermitentemente y sin choque. Si esta tiene solamente una razón de carga, puede estar provista de medios

suplementarios para cargar a una razón apropiada para verificación. Estos medios suplementarios de carga pueden ser operados con energía o manualmente.

- ✓ El espacio provisto para el ensayo de especímenes será grande, suficiente para acomodar en la posición requerida, un dispositivo de calibración elástico, el cual será de suficiente capacidad para cubrir el rango de carga potencial de la máquina de ensayo.

La precisión de la máquina de ensayo estará de acuerdo con las siguientes provisiones:

- ✓ El porcentaje de error para las cargas con el rango de uso propuesto para la máquina de ensayo no deberá exceder a 1.0 % de la carga indicada.
- ✓ La carga de ensayo indicada por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada de las lecturas del dispositivo de verificación, deberán ser registradas en cada punto de prueba.
- ✓ Calcule el error, E, y el porcentaje de error, Ep, para cada punto de esa información como sigue:

$$E = A - B \qquad Ep = \frac{(A-B)}{B} * 100$$

Donde:

A = carga, lbf (KN) indicado por la máquina que se está verificando.

B = carga aplicada, lbf (KN) determinado por el dispositivo de calibración.

La máquina de ensayo estará equipada con dos bloques de carga de acero, con caras endurecidas, una de las cuales es un bloque con asiento esférico y se apoyará en la parte superior del espécimen, y la otra será un bloque sólido en el

---

cual descansará el espécimen. Las caras de carga de los bloques deberán tener una dimensión mínima al menos 3 % mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado.

El bloque de carga inferior cumplirá con los siguientes requisitos:

- ✓ La cara superior e inferior deberán ser paralelas una a la otra. Sus dimensiones horizontales serán al menos 3 % mayores que el diámetro del espécimen a ensayar.
- ✓ El bloque de carga inferior será de al menos 1 pulg. (25 mm) de espesor cuando nuevo, y al menos 0.9 pulg. (22.5 mm) de espesor después de algunas operaciones.

- **Indicador de Carga**

Si la carga de una máquina de compresión usada en ensayos de concreto es registrada en un dial, este deberá estar provisto con una escala graduada que pueda ser leída con una precisión de 0.1 % de la carga total.

Cada dial será equipado con un ajustador a cero que está localizado fuera del cuerpo y fácilmente accesible en la parte frontal de la maquina donde se observa la marca de cero y el indicador del dial. Cada dial deberá estar equipado con un dispositivo compatible que pueda ser ajustado todo el tiempo, el cual indicará con una precisión del 1 % la carga máxima aplicada al espécimen.

- **Especímenes**

Los especímenes no serán ensayados si el diámetro individual de algún cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %.

El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal del espécimen de ensayo deberá ser determinada cercana a 0.01 pulg. (0.25 mm)

promediando dos diámetros medidos en ángulo recto uno respecto al otro alrededor de la media altura del espécimen.

- **Procedimiento**

Los ensayos de compresión en especímenes curados húmedos, serán hechos tan pronto como sea practicable, después de removerlos del almacenamiento húmedo.

Todos los especímenes para una edad de ensayo dada, serán rotos con la tolerancia de tiempo permisible prescritos a continuación:

***Tabla 8 Tolerancia del tiempo permisible para rotura de concretos***

<b>Edad del concreto</b>	<b>Tolerancia permitida</b>
24 horas	+- 0.5 horas ó 2.1%
3 días	2 horas ó 2.8%
7 días	6 horas ó 3.6%
28 días	20 horas ó 3%
90 días	2 días ó 2.2%

Fuente: ASTM C 39

Se sigue los siguientes pasos:

- ✓ Coloque la placa inferior, con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o bloque de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque de carga con asiento esférico. Limpie las superficies de carga de los bloques superior e inferior y del espécimen de ensayo y coloque éste en el bloque de carga inferior. Cuidadosamente alinee el eje del espécimen con el centro de carga del bloque con asiento esférico.
- ✓ Antes de ensayar el espécimen, verifique que el indicador de carga está en cero. En casos donde el indicador no esté en cero, ajuste el indicador.

---

Como el bloque con asiento esférico es llevado a colocarse sobre el espécimen, girar lentamente su porción móvil con la mano, para obtener un contacto uniforme.

- ✓ Aplique la carga continuamente y sin impacto.
  - ✓ Para las máquinas de ensayo de tipo tornillo, el movimiento del cabezal viajará a una razón de aproximadamente 0.05 pulg. (1 mm)/min cuando la maquina está corriendo libre. Para maquinas operadas hidráulicamente, la carga deberá ser aplicada a una razón de movimiento (medida de la placa sobre la sección del cabezal) correspondiendo a una razón de carga en el espécimen dentro del rango de 20 a 50 psi/seg. (0.15 a 0.35 MPa/s).
  - ✓ La razón de movimiento designada deberá mantenerse al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista del ciclo de ensayo. Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, será permitida una razón de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto..No efectúe ajustes en la razón de movimiento de la placa en ningún momento, cuando el espécimen esta en fluencia rápida e inmediatamente antes de la falla.
  - ✓ Aplique la carga hasta que el espécimen falle y anote la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Note el tipo de falla y apariencia del concreto.
- **Cálculos**
    - ✓ Calcule el esfuerzo de compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el área de la

sección transversal promedio determinada, exprese el resultado con una aproximación de 10 psi (0.1 MPa).

- ✓ Si la relación longitud a diámetro del espécimen es menor que 1.8 corrija el resultado obtenido, multiplicando por el apropiado factor de corrección mostrado en la siguiente tabla:

***Tabla 9 Relación Longitud Diámetro y sus Factores de corrección***

L/D	<b>1.75</b>	<b>1.5</b>	<b>1.25</b>	<b>1</b>
<b>Factor</b>	0.98	0.96	0.93	0.87

Fuente: ASTM C39

Estos factores de corrección se aplican a concreto de peso ligero, pesando entre 100 y 120 lb/pie<sup>3</sup> (1600 a 1920 Kg./m<sup>3</sup>) y a concreto de peso normal. Son aplicables a concreto seco o remojado al momento del ensayo.

- **Informe**

- ✓ Número de identificación.
- ✓ Diámetro (y longitud si esta fuera del rango 1.8D a 2.2D), en pulg. (mm).
- ✓ Área de la sección transversal, en pulg.<sup>2</sup> o cm<sup>2</sup>.
- ✓ Carga máxima, en lbf o (KN).
- ✓ Esfuerzo de compresión calculado con aproximación de 10 psi (0.1 MPa).
- ✓ Tipo de fractura, si es diferente del cono usual.
- ✓ Defectos en el espécimen o en el cabeceado.
- ✓ Edad del espécimen.

---

#### **2.4.1.2.2 ASTM C-597 Método de ensayo estándar para velocidad de pulso del concreto**

##### **A. Definición**

Es el ensayo que cubre la determinación de la velocidad de propagación de pulso de ondas de esfuerzo longitudinal a través del concreto.

Los pulsos de ondas de esfuerzo longitudinal son generados por un transductor electro-acústico que es mantenido en contacto con una superficie de concreto bajo prueba. Después de atravesar el concreto, los pulsos son recibidos y convertidos en energía eléctrica por un segundo transductor colocado a una distancia L del transductor transmisor. El tiempo de tránsito T es medido electrónicamente. La velocidad del pulso V es calculada dividiendo L entre T.

##### **B. Relación velocidad ultrasónica-densidad – propiedades elásticas del concreto**

La velocidad de pulso, V, de ondas longitudinales de esfuerzo en una masa de concreto es relativa a sus propiedades elásticas y su densidad de acuerdo con la siguiente relación:

$$V = \sqrt{\frac{E(1 - \mu)}{\rho(1 + \mu)(1 - 2\mu)}}$$

Donde:

E= módulo de elasticidad dinámico

$\mu$ = Relación de Poisson dinámica

$\rho$  = Densidad

### **C. Consideraciones**

- Este método de ensayo se aplica para juzgar la uniformidad y calidad relativa del concreto, para indicar la presencia de vacíos y grietas, y para evaluar la efectividad de la reparación de las grietas. También es aplicable para indicar cambios en las propiedades del concreto, y en el análisis de estructuras, para estimar la severidad de deterioro o agrietamiento.
- El grado de saturación del concreto afecta la velocidad de pulso, y este factor puede ser considerado cuando se evalúan los resultados del ensayo. La velocidad de pulso en concreto saturado puede ser un 5 % mayor que en concreto seco.
- La velocidad de pulso es independiente de la dimensión del objeto ensayado proporcionando ondas reflejadas desde los límites que no complican la determinación del tiempo de arribo del pulso transmitido directamente.
- Las longitudes de onda de las vibraciones son iguales a la velocidad de pulso dividida por las frecuencias de vibración.
- La exactitud de la medición depende de la habilidad del operador para determinar precisamente la distancia entre los transductores y del equipo para medir precisamente el tiempo de tránsito del pulso.
- La fuerza de señal recibida y la medición del tiempo de tránsito son afectados por el acoplamiento de los transductores a las superficies de concreto. Suficiente agente de acoplamiento y presión debe ser aplicada a los transductores para asegurar tiempo de tránsito estable.
- La fuerza de la señal recibida también es afectada por la longitud de viaje y por la presencia y grado de agrietamiento o deterioro en el concreto ensayado.

- El equipo de ensayo disponible actualmente limita longitudes de aproximadamente 50mm (2 pulg) mínima y 15 m (50 pies) máxima, dependiendo en parte de la frecuencia e intensidad de la señal generada.
- El límite superior de la longitud de recorrido depende en parte de las condiciones superficiales y en parte de las características interiores del concreto bajo investigación.
- Un preamplificador en el transductor receptor puede ser usado para incrementar la longitud máxima de recorrido que puede ser ensayada.
- La longitud de recorrido máxima es obtenida usando transductores de frecuencia resonante relativamente bajas (10 a 20 KHz) para minimizar la atenuación de la señal en el concreto.
- Para longitudes de recorrido menores, donde la pérdida de la señal no es factor gobernante es preferible usar frecuencias resonantes de 50 KHz o más para alcanzar mediciones más precisas del tiempo de tránsito y alcanzar una mayor sensibilidad.
- La velocidad de pulso en el acero puede ser arriba del doble que en el concreto, las medidas de velocidad de pulso en la vecindad del acero en concreto reforzado, puede ser mayor que en concreto no reforzado de la misma composición.
- Donde sea posible, evitar mediciones cerradas en acero paralelo a la dirección de propagación del pulso.

## **D. Equipo**

Consiste en un generador de pulso, un par de transductores (transmisor y receptor), un amplificador, un circuito medidor de tiempo, una pantalla (display) de tiempo y cables conectores.

- **Generador de Pulso y Transductor Transmisor**

El generador de pulso consiste en circuitos para generar pulsos de voltaje. El transductor para transformar esos pulsos electrónicos en ondas explosivas de energía mecánica tendrá una frecuencia resonante en el rango de 20 a 100 kHz. El generador de pulso deberá producir pulsos repetitivos a una razón no menor de 3 pulsos por segundo.

- **Transductor Receptor y Amplificador**

El transductor receptor es similar al transductor transmisor. El voltaje generado por este será amplificado tanto como sea necesario para producir pulsos disparados al circuito medidor de tiempo. El amplificador tendrá una respuesta uniforme entre media y tres veces la frecuencia resonante del transductor receptor.

- **Circuito Medidor de Tiempo**

El circuito medidor de tiempo y el pulso disparador asociado provee una total resolución de medición de tiempo de al menos 1  $\mu$ s. La medición del tiempo es iniciada por un voltaje disparador desde el generador de pulso y el circuito medidor de tiempo es operado en la frecuencia de repetición del generador de pulso. El circuito medidor de tiempo proporciona una señal de salida cuando el pulso receptor es detectado y esta señal de salida debe ser usada para determinar el tiempo de transito reflejado en la unidad de pantalla (display).

El circuito medidor de tiempo no será sensible a la temperatura de operación en el rango de 0 a 40°C y cambios de voltaje en la fuente de energía de  $\pm 15\%$ .

- **Unidad de Pantalla (Display)**

Dos tipos de unidades de pantalla están disponibles. Las unidades modernas usan un contador de tiempo a intervalos y una pantalla digital de lectura directa del tiempo de tránsito. Las unidades viejas usan un tubo de rayos catódicos (CRT) en el cual los pulsos transmitidos y recibidos son exhibidos como deflexiones de la traza con relación a un tiempo de escala establecido.

- **Barra de Referencia**

Es una barra de metal u otro material durable para el cual el tiempo de tránsito de ondas longitudinales es conocido. El tiempo de tránsito será marcado permanentemente en la barra de referencia.

- **Cables de Conexión**

Donde las medidas de velocidad de pulso, en estructuras largas, requieren el uso de cables de interconexión largos, se usará el cable de tipo coaxial de baja capacidad, protegido.

## **E. Agente de Acoplamiento**

Un material viscoso (tal como aceite, vaselina, gelatina soluble en agua, hule moldeable o grasa) para asegurar eficiente transferencia de energía entre el concreto y los transductores. La función del agente de acoplamiento es eliminar aire entre las superficies de contacto de los transductores y el concreto. El agua es un aceptable agente de acoplamiento cuando se estanca en la superficie, o para ensayos bajo el agua.

## **F. Procedimiento**

- **Chequeo Funcional de Equipos y Ajuste de tiempo Cero**
  - ✓ Verifique que el equipo está operando adecuadamente y efectúe un ajuste de tiempo cero. Aplique agente de acoplamiento a los extremos de la barra de referencia, y presione los transductores firmemente contra los extremos de la barra hasta que un tiempo de tránsito estable aparece en la pantalla.
  - ✓ Ajuste la referencia cero hasta que el tiempo de tránsito coincide con el valor marcado en la barra. Para algunos instrumentos, el ajuste a cero es hecho mediante la aplicación de agente de acoplamiento y presionando las caras de los transductores juntos. Estos instrumentos usan un microprocesador para registrar este tiempo retrasado, el cual es automáticamente sustraído del tiempo de tránsito en mediciones subsecuentes. Para cada instrumento mida el tiempo de tránsito a través de las barras de referencia para verificar que la adecuada corrección de tiempo cero ha sido hecha. Chequee el ajuste a cero en un horario base durante la operación continua del instrumento, y cada vez que un transductor o cable de conexión sea cambiado.
- **Determinación del Tiempo de Tránsito:**
  - ✓ Localice el transductor directamente opuesto al otro. Porque el ancho del destello de los pulsos vibratoriales emitidos por los transductores es largo, es permisible medir tiempos de tránsito a través de las esquinas de una estructura, pero con alguna pérdida de sensibilidad y precisión.

- 
- ✓ Aplique un apropiado agente de acoplamiento (tal como agua, aceite, vaselina, grasa, hule moldeable, u otro material viscoso) a las caras del transductor o a la superficie de ensayo, o a ambos. Presione las caras de los transductores firmemente contra la superficie del concreto hasta que un tiempo de tránsito estable aparezca en la pantalla y mida el tiempo de tránsito.
  - ✓ Determine la distancia en línea recta entre centros de las caras de los transductores.

### **G. Cálculos**

Calcule la velocidad de pulso como sigue:

$$V = L / T$$

Donde:

V = velocidad de pulso (m/s o pies/s)

L = distancia entre transductores (m o pies)

T = tiempo de tránsito efectivo

### **H. Informe**

Anote la siguiente información:

- Localización del ensayo o identificación del espécimen
- Localización de transductores
- Distancia entre centros de las caras de los transductores, reportados con una precisión de al menos 0.5 %.
- Tiempo de tránsito, reportado con una precisión de al menos 0.5 % del mismo Tt.
- Velocidad de pulso reportada al más cercano 10 m/s

## **I. Tendencia**

La tendencia de este método de ensayo no ha sido determinada.

### **3. CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

##### **3.1 Alcance de investigación**

Se utilizará el tipo de investigación correlacional ya que se realizará una asociación de variables mediante un patrón predecible.

##### **3.2 Identificación de variables de investigación**

La variable será la característica o aspecto que se desea medir o estudiar:

###### **3.2.1 Variables independientes:**

- Tamaño máximo nominal de los agregados de la cantera de Oropesa.
- Relación a/c

###### **3.2.2 Variables dependientes:**

- Densidad y resistencia del concreto.
- Velocidad de pulso ultrasónico.
- Compresión, tracción y tensión del ensayo triaxial del concreto.

##### **3.3 Indicadores de las variables en estudio**

- Fuerza de compresión que soporta los testigos de concreto.
- Número de ondas que atraviesa los testigos con el ensayo ultrasónico.
- Fuerza de compresión

- Asentamiento inicial.
- Contenido de aire.
- Tiempo de curado de la probeta.

### **3.4 Diseño de la investigación**

Debido a que el objetivo de la investigación es Validar la utilización del equipo de ultrasonido en la determinación de la densidad y la resistencia de concretos de  $f'c=140$ , 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac a los 7, 14, 21 y 28 días de tiempo de curado, se realizará una investigación experimental; se trata de elaborar testigos de concreto de resistencias ya mencionadas y realizar el ensayo de resistencia a la compresión, así como también realizar los ensayos ultrasónicos y triaxiales con cuyos datos se hará una comparación y su respectiva correlación para finalmente lograr hallar ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento de dichos concretos.

### **3.5 Población**

#### **3.5.1 Universo o población**

Elementos de concreto hidráulico con resistencias  $f'c= 140$ , 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **3.5.2 Ámbito geográfico**

El ámbito en el cual se desarrolla la investigación es la ciudad del Cusco, debido a que se cuenta con instrumentos que requerirá la investigación

### **3.6 Muestra**

#### **3.6.1 Tipo de muestra**

Los elementos de estudio de la muestra serán de tipo no probabilístico o dirigido (no aleatorio).

#### **3.6.2 Determinación del tamaño de la muestra**

Se utilizará quince testigos cilíndricos de 4”x8” (huso 67), por cada resistencia de diseño de  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> y por cada tiempo de curado, 7, 14, 21 y 28 días, a los cuales primero se ensayará la velocidad de pulso ultrasónico y luego el ensayo de compresión simple; también se utilizará quince testigos cilíndricos de 2”x4” (huso 8) por cada resistencia de diseño de  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> y para un tiempo de curado de 28 días, a los cuales se ensayará la velocidad de pulso ultrasónico y luego el ensayo de compresión simple. Y por último también se utilizará tres testigos de 2”x4” (huso 8), por cada resistencia de diseño de  $f'c=$ 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> y para un tiempo de curado de 28 días, a los cuales se ensayará la velocidad de pulso ultrasónico y luego el ensayo triaxial.

### **3.7 Enfoque de investigación**

La investigación, se centrará en un análisis con el uso del método descriptivo, analítico y correlacional.

### **3.8 Técnicas de recolección de datos.**

Para establecer la cantidad de testigos a ensayar se usará el muestreo intencional o de conveniencia que es un método de muestreo estadístico no probabilístico con instrumentos de recolección de datos y con la técnica del fichaje.

## 4. CAPÍTULO IV

### ESTUDIO DE AGREGADOS Y DISEÑO DE MEZCLAS

#### 4.1 Agregados

##### 4.1.1 Aspectos generales de la cantera de Cunyac

###### 4.1.1.1 Ubicación de la cantera de Cunyac

La cantera de Cunyac está ubicada en la región del Cusco, en el trayecto Cusco – Abancay, aproximadamente a 69 km de la ciudad del Cusco.

El agregado fue extraído de las playas del río Apurímac, específicamente de la cantera de la Hacienda Monterrico, perteneciente a la familia Segovia, que aproximadamente está a 3 km después del puente Cunyac.

Imagen 4 Ubicación de la Cantera de Cunyac



Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.1.2 Características de la cantera de Cunyac**

De esta cantera se extrae material de origen Sedimentario, el cual se forma a partir de los restos de materiales de rocas formadas anteriormente sobre la superficie de la tierra, pasando por alteraciones y erosiones de las rocas por efecto de los cambios climáticos tales como la irradiación solar, los hielos y las lluvias, este agregado presenta grava y arena. La grava esencialmente está compuesta por cantos rodados de cuarzo, areniscas cuarzosas, riolitas, y caliza, los que se catalogan como buenos materiales de construcción que pueden ser empleados en concreto. Las arenas existentes se encuentran limpias o tienen muy poca cantidad de limos, arcillas, se observa la presencia de cuarzos, presenta un color muy variado. Según estudios anteriores mostramos el siguiente cuadro del análisis químico de la cantera en el cual se observa que la suma final no llega al 100% debido a la disolución de la muestra por ataque del reactivo a la muestra analizada.

Según la carta geológica esta cantera está ubicada en las coordenadas UTM 8499 S y 760 E, y observando en la geología del cuadrángulo Abancay (28-q) nos da una clasificación Q-al, siendo esta perteneciente a la edad cuaternaria en formaciones y eventos geo-históricos aluviales de origen sedimentario.

El agregado de Cunyac se encuentra en conos aluviales, éstos a lo largo del río Apurímac originados por riachuelos que desembocan en ambas orillas del mencionado río. También, asociadas a estos conos aluviales, frecuentemente se encuentran depósitos de terrazas. Los aluviones están compuestos por guijarros más o menos redondeados según la distancia del transporte. Los cantos están envueltos en una matriz de arena y limo. El tamaño de los elementos varía según los lugares. Los conos pueden presentar cantos de gran tamaño llegando hasta dos metros de diámetro (cono aluvial en la desembocadura de la Quebrada Alluninca en

---

el río Matara, hoja de Abancay). Sin embargo, alejándose del cono se ve la variación de los guijarros hacia un tamaño mucho más pequeño y se aprecia a la vez una mejor clasificación.

El agregado que se extrajo es el que comúnmente conocemos como hormigón, compuesto por canto rodado y arena, para lo cual se utilizó una malla de 1” de diámetro, con la cual realizamos el zarandeo correspondiente.

#### **4.1.2 Propiedades de los agregados**

##### **4.1.2.1 Muestreo para Materiales de Construcción (MTC E 201 – 2000) NTP 400.010 y ASTM D 75**

###### ***1.2.1.4.1 Objetivo***

- Reúne los procedimientos para la toma de muestras de roca, escoria, grava, gravilla y arena, que son utilizados como materiales de construcción.
- El muestreo contempla los siguientes fines:
  - ✓ Investigación preliminar de las fuentes de suministro de materiales.
  - ✓ Aceptación o rechazo de las fuentes y control de producción en ellas.
  - ✓ Inspección de los materiales en la obra y control de operación de los materiales durante el trabajo.

###### ***1.2.1.4.2 Requisitos generales***

- Muestras confiables. Las muestras que se van a ensayar para determinar la calidad del material, serán obtenidas de productos terminados.
- Inspección. Todo material será inspeccionado con el fin de determinar variaciones apreciables del mismo.

#### ***1.2.1.4.3 Materiales y equipo utilizado***

- Camión.
- Sacos.
- Arpilleras.
- Palas.
- Malla de 1” de diámetro
- Malla de 3/8” de diámetro
- Tarimas de madera.

#### ***1.2.1.4.4 Procedimientos de muestreo***

- Muestreo tomado de depósitos apilados para luego ser transportado en camión, el cual será usado como muestras representativas del total.
- El agregado será depositado sobre arpilleras plásticas, para evitar la contaminación por contacto con el suelo.
- Las muestras son guardadas en saquillos, para la mejor maniobrabilidad en laboratorio.
- Los saquillos son ubicados próximos al laboratorio de suelos de la escuela de profesional de ingeniería civil, sobre tarimas y cubiertos con arpilleras plásticas para el mantenimiento constante de la humedad.
- El número de muestras y cantidad individuales depende fundamentalmente del objeto y del tamaño del agregado.
- Se muestra el tamaño de muestras para análisis granulométrico y de calidad en la siguiente tabla:

**Tabla 10 Tamaño de muestras para análisis granulométrico y de calidad**

<b>Máximo tamaño nominal de agregados</b>	<b>Peso mínimo aproximado de muestras de campo kg (lb)</b>
<b>Agregado fino</b>	
2,36 mm (N° 8)	10 (25)
4,75 mm (N° 4)	10 (25)
<b>Agregado grueso</b>	
9,5 mm (3/8")	10 (25)
12,5 mm (1/2")	15 (35)
19,0 mm (3/4")	25 (55)
25,0 mm (1")	50 (110)
37,5 mm (1 1/2")	75 (165)
50,0 mm (2")	100 (250)
63,0 mm (2 1/2")	125 (275)
75,0 mm (3")	150 (330)
90,0 mm (3 1/2")	175 (385)

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

#### **4.1.2.2 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (MTC E 202 – 2000) y**

##### **ASTM C117**

#### **2.2.1.4.1 Objetivo**

Describe el procedimiento para determinar, por lavado, la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200) en un agregado.

Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 mm (No. 200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

#### **2.2.1.4.2 Aparatos**

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Dos tamices, siendo el menor de 75 mm (No. 200) y el otro de 1,18 mm (No. 16).

- Recipientes. Una vasija de tamaño suficiente para mantener la muestra cubierta con agua y que permita una agitación vigorosa sin pérdida de ninguna partícula o del agua.
- Estufa, de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de  $110^{\circ} \pm 05^{\circ} \text{C}$  ( $230 \pm 09^{\circ} \text{F}$ ).

#### **2.2.1.4.3 Muestra de ensayo**

Tómese la muestra de agregado de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma MTC E201-2000.

Redúzcase la muestra por cuarteo, hasta un tamaño suficiente, de acuerdo con el tamaño máximo del material, si va a ser sometida a tamizado en seco. En caso contrario, la muestra no será menor que la indicada en la siguiente tabla:

*Tabla 11 Cantidad mínima de muestras para ensayo*

<b>Tamaño nominal máximo de tamices</b>		<b>Peso mínimo aprox. De la muestra en gramos (g)</b>
<b>4,75 mm</b>	(N° 4) o menos	300
<b>9,5 mm</b>	(3/8")	1000
<b>19,0 mm</b>	(3/4")	2500
<b>37,5 mm</b>	(1 1/2) o mayor	5000

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

#### **2.2.1.4.4 Procedimiento**

- Séquese la muestra de ensayo, hasta peso constante, a una temperatura que no exceda los  $110 \pm 05^{\circ} \text{C}$  ( $230 \pm 09^{\circ} \text{F}$ ) y pésese con una precisión de 0,1%.
- Después de secada y pesada, colóquese la muestra de ensayo en el recipiente y agréguese suficiente cantidad de agua para cubrirla. Agítese vigorosamente el contenido del recipiente y de inmediato viértase sobre el juego de tamices armado. Se considera satisfactorio el uso de una cuchara grande para agitar la muestra en el agua.

- 
- Agítase con suficiente vigor para lograr la separación total de todas las partículas más finas que el tamiz de 75 mm (No. 200) y provocar la suspensión del material fino, de manera que pueda ser removido por decantación del agua de lavado. Es conveniente tener el cuidado necesario para no arrastrar las partículas más gruesas. Repítase esta operación hasta que el agua de lavado salga completamente limpia.
  - Devuélvase todo el material retenido en el juego de tamices a la muestra lavada. Séquese el agregado lavado hasta obtener un peso constante, a una temperatura que no exceda de  $110^{\circ} \pm 05^{\circ} \text{C}$  ( $230^{\circ} \pm 09^{\circ} \text{F}$ ) y pésese con una aproximación de 0,1% del peso de la muestra.

#### **2.2.1.4.5 Cálculos**

Calcúlese la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), por lavado, de la siguiente forma:

$$A=(B-C)/B \times 100$$

Siendo:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado.

B = Peso original de la muestra seca, en gramos.

C = Peso de la muestra seca, después de lavada, en gramos

#### **4.1.2.3 Gravedad específica y Absorción de los agregados finos MTC E 205 – 2000 y ASTM C128**

##### **3.2.1.4.1 Objetivo**

- Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado fino.

#### **3.2.1.4.2 Definiciones**

- Volúmenes aparentes, en un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan.
- Volúmenes nominales, en un sólido permeable, si se excluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan "nominal".
- Peso específico aparente, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente.
- Peso específico nominal, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

#### **3.2.1.4.3 Aparatos**

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Matraz aforado o picnómetro, en el que se puede introducir la totalidad de la muestra y capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ . Su capacidad hasta el enrase será, como mínimo, un 50 por ciento mayor que el volumen ocupado por la muestra.
- Molde cónico. Un tronco de cono recto, construido con una chapa metálica de 0,8 mm de espesor como mínimo, y de  $40 \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interior en su base menor,  $90 \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interior en una base mayor y  $75 \pm 3 \text{ mm}$  de altura.
- Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de  $340 \pm 15 \text{ g}$  y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado, de  $25 \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro.
- Bandejas metálicas, de tamaño apropiado.

- Horno que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada.

#### **3.2.1.4.4 Procedimiento**

- Se usará el material que pase el tamiz 4,75 mm (N° 4), el cual estará libre de material ajeno al agregado, y por cuarteo se usará aproximadamente 1 kg de este material para este ensayo, el cual es llevado al horno durante  $24 \pm 04$  horas, a una temperatura constante y uniforme de  $110^\circ \pm 05$  °C ( $230 \pm 09$  °F), para luego que pase a enfriar al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. A continuación, se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante  $24 \pm 04$  horas.
- Decantar el agua cuidadosamente, evitando la pérdida de finos, el agregado sobrante será extendido uniformemente sobre la bandeja metálica, para luego desecarlo por medio del aire caliente mientras se remueve el agregado para la mejor distribución del calor, con el fin de obtener agregado seco superficialmente y saturado internamente, este paso es extenso, ya que se busca una consistencia en la que pueda fluir.
- Cuando se crea haber llegado al punto de seco superficialmente, llevar el agregado dentro del molde cónico apoyándolo en la base de mayor diámetro sobre una superficie no absorbente, usando un cucharón a través de un embudo hasta llenar el molde cónico, a continuación se apisonará ligeramente con 25 golpes de la varilla usando el extremo circular plano, finalmente se levanta el molde cónico suavemente, si no se ve desmoronamiento continuar con el desecado del agregado, repetir este paso hasta obtener el primer desmoronamiento.
- Con el primer desmoronamiento, obtener 500 g de este agregado llevarlo dentro del picnómetro, previamente tarado, llenar el picnómetro con agua hasta el 90% de su capacidad, a continuación, usando la máquina de vacío retirar todas las burbujas de aire

del agregado, en este transcurso se puede agitar para mejorar los resultados, al finalizar se llenar con agua hasta llegar al 100% del picnómetro, pesar agua, muestra y agua.

- El agregado es sacado a un envase metálico para decantar el agua cuidadosamente para evitar la pérdida de finos, luego secar la muestra durante  $24 \pm 4$  horas, a una temperatura constante y uniforme de  $110^\circ \pm 05^\circ \text{C}$  ( $230 \pm 09^\circ \text{F}$ ), finalmente determinar el peso seco.

#### 3.2.1.4.5 Cálculos

Calcúlese el peso específico y absorción de agregados de la siguiente forma:

$$\text{peso específico aparente} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{peso específico aparente (s. s. s.)} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{peso específico nominal} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

S.S.S. = saturado con Superficie Seca

Siendo:

A = Peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos.

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos

---

#### **4.1.2.4 Gravedad Específica y Absorción de Agregados Gruesos (MTC E 206 – 2000 ) y ASTM C127**

##### **4.2.1.4.1 Objetivo**

Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado grueso.

##### **4.2.1.4.2 Definiciones**

- Volúmenes aparentes, en un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan
- Volúmenes nominales, en un sólido permeable, si se excluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan "nominal".
- Peso específico aparente, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente.
- Peso específico nominal, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

##### **4.2.1.4.3 Aparatos**

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Canastilla metálica, hecha de malla cuadrada de 3 mm, de base y altura semejantes, con capacidad de 4 a 7 dm<sup>3</sup> para agregado de tamaño máximo nominal inferior a 38 mm (1 ½").

- Dispositivo de suspensión, capaz de suspender la canastilla con el agregado de la balanza.

#### **4.2.1.4.4 Procedimiento**

Se usará el material que se retiene en el tamiz 4,75 mm (N° 4), el cual estará libre de material ajeno al agregado, y por cuarteo se usará la cantidad mínima mostrada en la siguiente tabla:

*Tabla 12 Cantidad mínima de muestras para ensayo*

<b>Tamaño máximo nominal mm</b>	<b>(pulg)</b>	<b>Cantidad mínima de muestra (kg)</b>
Hasta 12,5	½	2
19,0	¾	3
25,0	1	4
37,5	1 ½	5
50,0	2	8
63,0	2 ½	12
75,0	3	18
90,0	3 ½	25

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

Se sigue los siguientes pasos:

- La muestra se seca en el horno durante  $24 \pm 04$  horas, a una temperatura constante y uniforme de  $110^\circ \pm 05$  °C ( $230 \pm 09$  °F), para luego que pase a enfriar al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. A continuación, se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante  $24 \pm 04$  horas.
- El agregado es sacado del agua para ser secado con un pifio absorbente de gran tamaño, secar el agregado superficialmente de manera uniforme, determinar el peso de la muestra saturada superficialmente seca (S.S.S.).
- A continuación, llevar el agregado dentro de la canastilla metálica para determinar el peso sumergido, tener cuidado en incluir aire en la canastilla, determinar el peso sumergido.

- La muestra se seca en el horno durante  $24 \pm 04$  horas, a una temperatura constante y uniforme de  $110^\circ \pm 05$  °C ( $230 \pm 09$  °F), para luego que pase a enfriar al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, determinar el peso seco.

#### **4.2.1.4.5 Cálculos**

Calcúlese el peso específico y absorción de agregados de la siguiente forma:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

S.S.S. = saturado con Superficie Seca

Siendo:

A = Peso al aire de la muestra seca, en gramos.

B = Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C = Peso sumergido en agua de la saturada, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca.

#### **4.1.2.5 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad MTC E 108 – 2000 y ASTM D2216**

##### **5.2.1.4.1 Objetivo**

- Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

#### 5.2.1.4.2 Aparatos

- Balanza, de capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0,01 g para muestras de menos de 200 g de 0, 1 g para muestras de más de 200 g.
- Envases metálicos para evitar cambios de peso debido al enfriamiento o calentamiento del mismo.
- Utensilios para manipulación de recipientes, se requiere el uso de guantes para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- Otros utensilios, se requiere el empleo de cucharón o espátulas.

#### 5.2.1.4.3 Procedimiento

- Por cuarteo se obtendrá la cantidad mínima representativa de la muestra total mostrada en la siguiente tabla:

*Tabla 13 Cantidad de muestras para ensayo*

<b>Tamaño máximo de las partículas de la muestra</b>	<b>Peso mínimo recomendado de la muestra</b>
2" (50,0 mm)	1000
1/2" (12.5 mm)	300
N° 4(4.75 mm)	100
N° 40 (0.420 mm)	10 a 50

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

- Las muestras son pesadas antes de ser llevadas al horno, donde seca durante  $24 \pm 4$  horas, a una temperatura constante de  $110^\circ \pm 05^\circ \text{C}$  ( $230 \pm 09^\circ \text{F}$ ), para finalmente enfriarlo al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, continuación se pesa.

#### 5.2.1.4.4 Cálculos

Calcúlese el contenido de humedad:

$$W\% = 100x \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso muestra seca}}$$

$$W\% = 100x \frac{(P_1 - P_2)}{P_2}$$

Siendo:

W= Contenido de humedad

P1 = Peso de la muestra húmeda antes del ensayo.

P2 = Peso de la muestra seca después del ensayo

#### **4.1.2.6 Análisis granulométrico de Agregados Gruesos y Finos (MTC E 204 – 2000) y ASTM C136**

##### **6.2.1.4.1 Objetivo**

- Determinar cuantitativamente la cantidad de partículas de agregados gruesos y finos que atraviesan o se retienen en tamices de abertura cuadrada, ordenadas sucesivamente de manera conveniente.

##### **6.2.1.4.2 Aparatos**

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Tamices. seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.
- Estufa, de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F).

#### **6.2.1.4.3 Muestra**

- Las muestras son obtenidas por cuarteo manual, el cual tanto para la granulometría para agregado grueso y fino debe de contener suficiente humedad para evitar pérdida de finos y segregación.
- Agregado fino, la cantidad mínima de muestra para el ensayo será de 300 g.
- Agregado grueso, la cantidad mínima de muestra para el ensayo se obtendrá de la siguiente tabla:

*Tabla 14 Cantidad mínima de muestras para ensayo*

<b>Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas</b>	<b>Peso mínimo de la muestra de ensayo (kg)</b>	
<b>mm</b>	<b>Pulg.</b>	
9.5	3/8	1
12.5	1/2	2
19	3/4	5
25	1	10
37.5	1 1/2	15
50	2	20
63	2 1/2	35
75	3	60
90	3 1/2	100
100	4	150
112	1/2	200
125	5	300
150	6	500

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

#### **6.2.1.4.4 Preparación de la muestra**

Lavar la muestra, secarla durante  $24 \pm 4$  horas, a una temperatura constante y uniforme de  $110^\circ \pm 05^\circ \text{C}$  ( $230 \pm 09^\circ \text{F}$ ).

#### **6.2.1.4.5 Procedimiento**

- Seleccionar los tamices de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado. Ordenar de forma descendente al tamaño de la apertura cuadrada los tamices seleccionados para el ensayo.
- Se utiliza el tamizado manual, debido al mejor control y confiabilidad de resultados.
- Al realizar el tamizado manual se debe de realizar durante un periodo adecuado, para luego realizar el tamizado manual de manera individual, durante un minuto, colocando la tapa y un fondo que ajuste de tal manera que no deje holgaduras y por tanto evitar la pérdida de partículas, para lo cual se debe de golpear secamente los lados del tamiz.
- Las muestras tomadas fueron únicamente usadas solamente una vez, además se debe tener en cuenta que todas partículas del agregado tengan la oportunidad de estar en contacto con las mallas de los tamices, lo cual está vinculado a la cantidad de agregado usado en este ensayo.

#### **6.2.1.4.6 Cálculos**

- Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con base en el peso total de la muestra inicial seca.
- El módulo de fineza se calculará como la división de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en las siguientes mallas: 150  $\mu\text{m}$  (Nº 100), 300 $\mu\text{m}$  (Nº 50), 600  $\mu\text{m}$  (Nº 30), 1,18 mm (Nº 16), 2,36 mm (Nº 8), 4,75 mm (Nº 4), 9,5 mm (3/8”), 19,0mm (3/4”), 37,5 mm (1 1/2”) y mayores, siendo el incremento en la relación de 1 a 2.

#### **4.1.2.7 Peso unitario suelto y compactado de los agregados (MTC E 203 – 2000) y ASTM C29**

##### **7.2.1.4.1 Objetivo**

- Establecer el método para determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados, ya sean finos, gruesos o una mezcla de ambos.

##### **7.2.1.4.2 Aparatos**

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Varilla compactadora, de acero, cilíndrica, un extremo debe ser semiesférico, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24") usado con agregado grueso y de 10 mm (3/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 300 mm (12") usado con agregado fino.
- Cucharon metálico, semicircular, para la manipulación del agregado.
- Recipientes metálicos, cilíndricos (proctor), con el fondo y bordes pulidos, planos y suficientemente rígidos, para no deformarse bajo duras condiciones de trabajo. La capacidad del recipiente utilizado en el ensayo, depende del tamaño máximo de las partículas del agregado que se va a medir, de acuerdo con los límites establecidos en la siguiente tabla:

**Tabla 15 Capacidad de la medida**

<b>Tamaño máximo nominal del agregado</b>		<b>Capacidad de la medida <sup>A</sup></b>	
mm	Pulgadas	L(m <sup>3</sup> )	L(p <sup>3</sup> )
12,5	½	2,8 (0.0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0.0093)	1/3
37,5	1 ½	14,0 (0.014)	½
75,0	3	28,0 (0.028)	1
112,0	4 ½	70,0 (0.070)	2 ½

<sup>A</sup> La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con tamaño máximo igual o menor

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

#### **7.2.1.4.3 Peso Unitario Compactado del Agregado.**

Método del apisonado. Usado para agregados con tamaño nominal menor o igual que 37,5 mm (1 ½”).

##### **A. Procedimiento**

- El agregado es colocado en tres capas uniformes en el proctor por medio de un cucharón.
- Cada capa es nivelada y apisonada con la varilla por 25 golpes, distribuidas en cada capa, usando el extremo semiesférico de la varilla.
- El apisonado con varilla en la primera capa no debe llegar a tocar la base del próctor.
- Habiendo colmado el proctor con agregado, se enrasa con la varilla la superficie del próctor, de tal manera que esté nivelada.

#### **7.2.1.4.4 Peso Unitario Suelto del Agregado**

Usado para determinar el volumen del agregado y vacíos dentro de un volumen conocido.

##### **A. Procedimiento**

- El agregado es colocado de manera continua en el próctor por medio de un cucharón.

- Habiendo colmado el próctor con agregado, se enrasa con la varilla la superficie del próctor, de tal manera que esté nivelada.

#### **7.2.1.4.5 Cálculos**

Calcúlese el peso unitario suelto y compactado de la siguiente forma:

$$Pu = \frac{Pa}{Vp}$$

Siendo:

Pa = Diferencia del peso de la muestra más el proctor menos el peso proctor (kg).

Vp= Volumen del proctor utilizado (m3).

Pu= Peso unitario suelto o compactado (kg/m3).

#### **4.1.2.8 Abrasión los Ángeles (LA) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 (1 ½"). MTC E 207 – 2000 y ASTM C131**

##### **8.2.1.4.1 Objetivo**

- Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½") por medio de la máquina de Los Ángeles.
- El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva.

##### **8.2.1.4.2 Aparatos**

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra ensayada.
- Tamices. seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material ensayado.
- Máquina de Los Ángeles, la máquina para el ensayo.

- Carga abrasiva, formada por las esferas de acero de fundición de diámetro 46,38 mm (1 13/16") y 47,63 mm (1 7/8") y peso comprendido entre 390 g y 445 g. La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, según de muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 16 Carga abrasiva**

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso total (gramos)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

#### **8.2.1.4.3 Procedimiento**

- Lavar la muestra, secarla durante 24 ± 4 horas, a una temperatura constante y uniforme de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F).
- Tamizar el agregado hasta obtener lo necesario según la granulometría del agregado, según la siguiente tabla:

**Tabla 17 Granulometría de la muestra de agregado para ensayo**

Medida del tamiz (abertura cuadrada)				Masa de tamaño indico (gramos)			
Que pasa		Retenido sobre		Gradaciones			
				A	B	C	D
37,5 mm	(1 ½")	25,0 mm	(1")	1250±25			
25,0 mm	(1")	19,0 mm	(¾")	1250±25			
19,0 mm	(¾")	12,5 mm	(½")	1250±10	2500±10		
12,5 mm	(½")	9,5 mm	(3/8")	1250±10	2500±10		
9,5 mm	(3/8")	6,3 mm	(¼")			2500±10	
6,3 mm	(¼")	4,75 mm	N° 4			2500±10	
4,75 mm	N° 4	2,36 mm	N° 8				5000±10
<b>TOTALES</b>				<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>	<b>000±10</b>

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM2000)

- La muestra y la carga abrasiva serán puestas dentro de la máquina de los Ángeles, el tambor de este girara a una velocidad de 30 y 33 rpm, siendo 500 el número total de vueltas, culminado el ensayo tamizarlo a través del tamiz n° 12(1,70 mm), luego se tamiza el agregado que pasa en la malla No12, se empleara el agregado total retenido en el tamiz No 12, se lava y seca durante  $24 \pm 4$  horas, a una temperatura constante de  $110^{\circ} \pm 05^{\circ} \text{C}$  ( $230 \pm 09^{\circ} \text{F}$ ), para finalmente enfriarlo al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, continuación se pesa.

#### **8.2.1.4.4 Cálculos**

Calcúlese el coeficiente de desgaste de los Ángeles, como el porcentaje de desgaste:

$$\% \text{ Desgaste} = 100x \frac{(P1 - P2)}{P1}$$

Siendo:

P1 = Peso de la muestra seca antes del ensayo.

P2 = Peso de la muestra seca después del ensayo.

### **4.1.3 Resultados de ensayos a los agregados**

#### **4.1.3.1 Resultados de ensayos a los agregados para muestras cilíndricas de 4”x8”**

Los resultados de cada uno de los ensayos que se realizaron al agregado grueso del huso 67 y al agregado fino, se detallan a continuación:

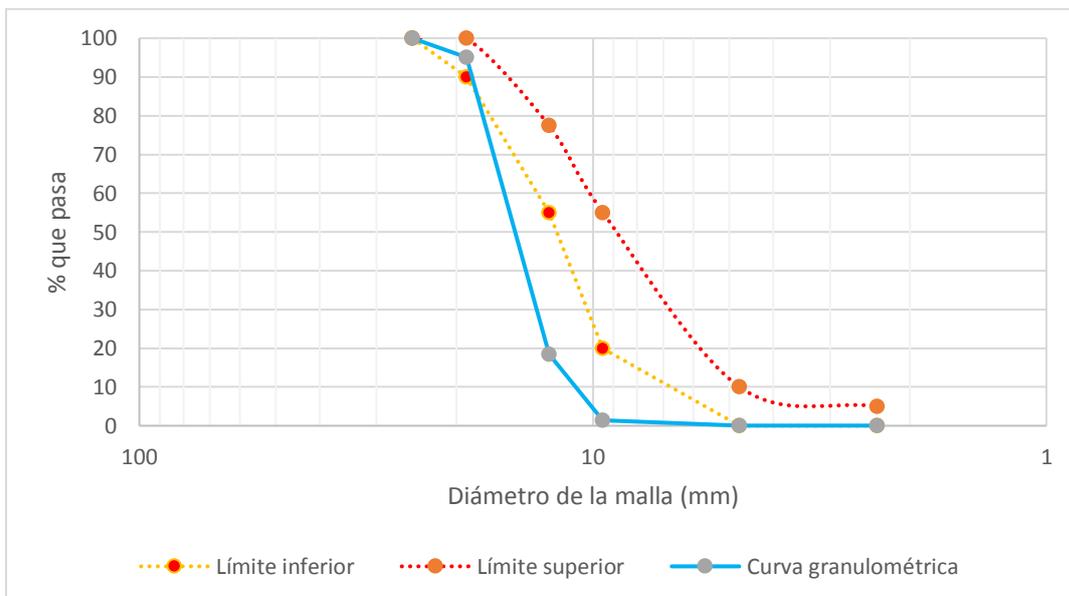
**1.3.1.4.1 Granulometría del agregado grueso – huso 67**

*Tabla elaborada 1 Análisis granulométrico del agregado grueso de Cunyac por tamizado-huso 67 (MC 4"x8")*

Peso de la muestra ensayada		5001.15 gr						
Tamaño tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	Peso ret. Corregido	% retenido	% retenido acum.	% que pasa	Límites astm c-33	
3"	76.10			0	0.00	100.00	100	100
2"	50.00			0	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50			0	0.00	100.00	100	100
1"	25.00			0	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	244.73	244.76	4.89	4.89	95.11	90	100
1/2"	12.50	3836.89	3836.92	76.72	81.61	18.39	55	77.5
3/8"	9.50	849.84	849.87	16.99	98.61	1.39	20	55
# 04	4.75	67.93	67.96	1.36	99.97	0.03	0	10
# 08	2.36	0.00	0.00	0.00	99.97	0.03	0	5
cazuela	0.00	1.64	1.64	0.03	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>5001.03</b>	<b>5001.15</b>	<b>100.00</b>	<b>Modulo de finura</b>	<b>7.03</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 1 Curva granulométrica del agregado grueso de cunyac - huso 67.(mc 4"x8")**



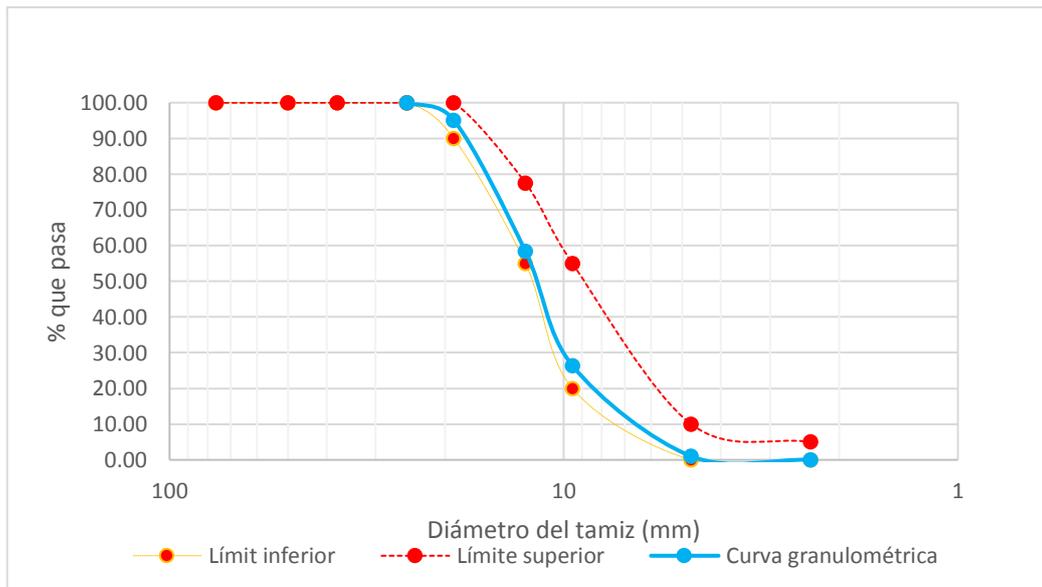
Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 2 Análisis granulométrico del agregado grueso corregido de Cunyac - huso 67 (MC 4"x8")**

Peso de la muestra ensayada		5001.15 gr							
Tamaño tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	Corrección de muestra (gr)	Peso ret. Corregido (gr)	% retenido	% reten. Acum.	% que pasa	Límites astm c-33	
3"	76.10		0		0.00	0.00	100.00	100	100
2"	50.00		0		0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50		0		0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00		0		0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	244.73	244.73	244.75	4.89	4.89	95.11	90	100
1/2"	12.50	3836.89	1836.89	1836.91	36.73	41.62	58.38	55	77.5
3/8"	9.50	849.84	1599.84	1599.86	31.99	73.61	26.39	20	55
# 04	4.75	67.93	1267.93	1267.95	25.35	98.97	1.03	0	10
# 08	2.36	0.00	50.00	50.02	1.00	99.97	0.03	0	5
cazuela	0.00	1.64	1.64	1.64	0.03	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>5001.03</b>	<b>5001.03</b>	<b>5001.15</b>	<b>100.00</b>	<b>Modulo de finura 6.77</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 2 Curva granulométrica del agregado grueso de cunyac corregido-huso 67 (MC 4"x8")**



Fuente: Elaboración propia

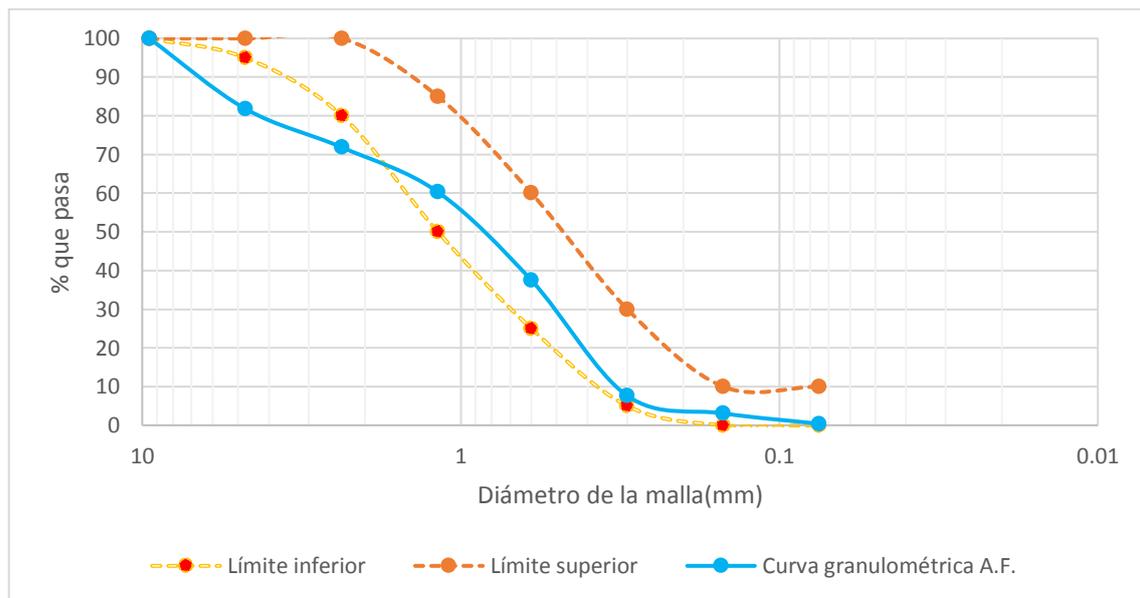
### 1.3.1.4.2 Granulometría del agregado fino

*Tabla elaborada 3 Análisis granulométrico del agregado fino de Cunyac por tamizado*  
**Peso de la muestra 1491**

Tamaño del tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido corregido	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa	LÍMITES ASTM C-33	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
# 04	4.750	270.90	270.96	18.17	18.17	81.83	95	100
# 08	2.360	148.98	149.04	10.00	28.17	71.83	80	100
#16	1.180	171.84	171.90	11.53	39.70	60.30	50	85
#30	0.600	340.36	340.42	22.83	62.53	37.47	25	60
#50	0.300	444.85	444.91	29.84	92.37	7.63	5	30
#100	0.150	67.75	67.81	4.55	96.92	3.08	0	10
#200	0.075	40.25	40.31	2.70	99.62	0.38	0	10
cazuela	0.000	5.67	5.67	0.38	100.00	0.00	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1490.60</b>	<b>1491.00</b>	<b>100.00</b>	<b>Modulo de finura</b>	<b>3.38</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 3 Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac**



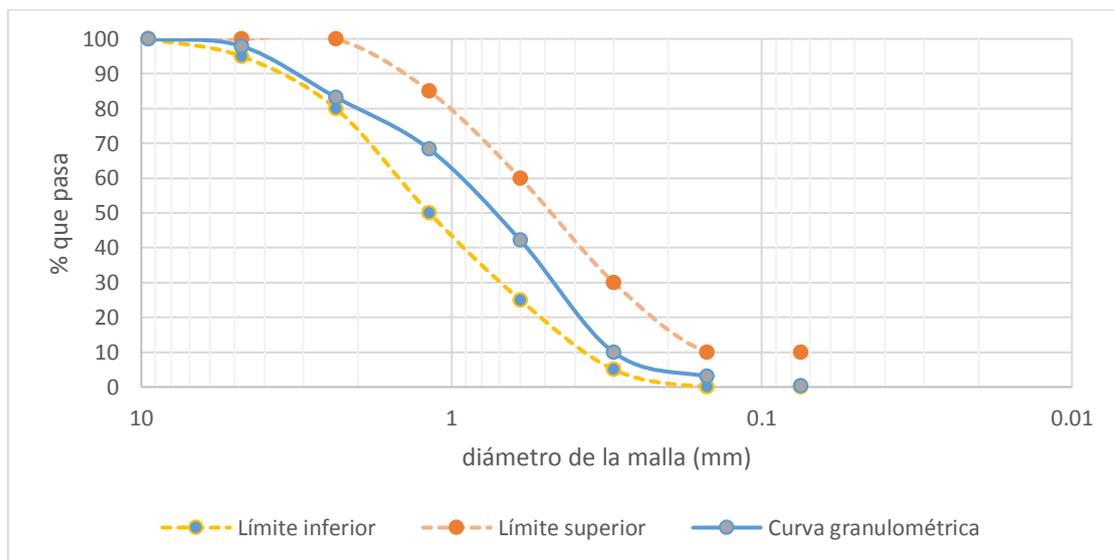
Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 4 Análisis granulométrico del agregado fino de Cunyac por tamizado corregido**

Peso de la muestra			1491						
Tamaño del tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Muestra corregida	Peso corregido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa	LÍMITES ASTM C-33	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
# 04	4.750	270.90	30.90	30.96	2.08	2.08	97.92	95	100
# 08	2.360	148.98	218.98	219.04	14.69	16.77	83.23	80	100
#16	1.180	171.84	221.84	221.90	14.88	31.65	68.35	50	85
#30	0.600	340.36	390.36	390.42	26.18	57.83	42.17	25	60
#50	0.300	444.85	480.00	480.06	32.20	90.03	9.97	5	30
#100	0.150	67.75	102.60	102.66	6.89	96.92	3.08	0	10
#200	0.075	40.25	40.25	40.31	2.70	99.62	0.38	0	10
cazuela	0.000	5.67	5.67	5.67	0.38	100.00	0.00	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1490.60</b>	<b>1490.6</b>	<b>1491.00</b>	<b>100.00</b>	<b>Módulo de finura</b>	<b>2.95</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 4 Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac corregido**



Fuente: Elaboración propia



**1.3.1.4.4 Cantidad de material fino que pasa la malla 200**

*Tabla elaborada 6 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 - Agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso original de la muestra seca (gr)	2522.16	2505.93	2515.06
Peso de la muestra seca, después de ser lavada (gr)	2516.68	2502.55	2509.9
Material fino que pasa por el tamiz N° 200 (%)	0.22%	0.13%	0.21%
Material fino que pasa por el tamiz N° 200 (%) promedio		0.19%	

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 7 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 - Agregado fino*

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso original de la muestra seca (gr)	335.43	337.45	329.79
Peso de la muestra seca, después de ser lavada (gr)	333.69	336.22	328.15
Material fino que pasa por el tamiz N° 200 (%)	0.52%	0.36%	0.50%
Material fino que pasa por el tamiz N° 200 (%) promedio		0.46%	

Fuente: Elaboración propia

**1.3.1.4.5 Contenido de humedad de los agregados**

*Tabla elaborada 8 Contenido de humedad del agregado grueso huso 67*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso agregado grueso natural	528.51	592.74	620.59
Peso agregado grueso seco	525.99	589.45	617.43
Contenido de humedad parcial	0.479	0.56	0.51
Contenido de humedad promedio		0.52	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 9 Contenido de humedad del agregado fino**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso agregado fino natural	280.55	278.64	295.96
Peso agregado fino seco	278.26	276.5	293.68
Contenido de humedad parcial	0.82	0.77	0.78
Contenido de humedad		0.79	

Fuente: Elaboración propia

#### 1.3.1.4.6 Ensayo de abrasión de los ángeles

**Tabla elaborada 10 Ensayo de abrasión de los ángeles**

<b>Gradación B</b>	
Descripción	Muestra 1
Peso seco antes del ensayo	5002.04
peso seco después del ensayo	4103.08
% DE DESGASTE =((P1-	17.97%

Fuente: Elaboración propia

#### 1.3.1.4.7 Gravedad específica y absorción de los agregados

**Tabla elaborada 11 Gravedad específica y absorción del agregado grueso (MTC E 2016-2000)**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
A= Peso al aire de la muestra seca	3496.47	3491.42	3495.54
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	3519.24	3516.04	3517.80
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada	2225.14	2218.50	2219.00
Peso específico aparente =A/(B-C)	2.70	2.69	2.69
Peso específico aparente (S.S.S.) =B/(B-C)	2.72	2.71	2.71
Peso específico nominal=A/(A-C)	2.75	2.74	2.74
Absorción=(B-A)/Ax100	0.65	0.71	0.64
Peso específico aparente promedio =A/(B-C)		2.69	
Peso específico aparente (S.S.S.) promedio =B/(B-C)		2.71	
Peso específico nominal promedio=A/(A-C)		2.74	
Absorción promedio=(B-A)/Ax100		0.66	

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 12 Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC E 2016-2000)*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
A= Peso al aire de la muestra seca	253.53	247.5	248
B= Peso del pignómetro aforado lleno de agua	684.54	684.89	684.45
C= Peso del picnómetro aforado con muestra y lleno de agua	842.84	842.07	841.48
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca	256.89	250.65	251.25
Peso específico aparente $=A/(B+S-C)$	2.57	2.65	2.63
Peso específico aparente (S.S.S.) $=A/(B+S-C)$	2.57	2.57	2.57
Peso específico nominal $=A/(B+A-C)$	2.66	2.74	2.73
Absorción $=(S-A)/Ax100$	1.33	1.27	1.31
Peso específico aparente promedio $=A/(B+S-C)$		2.62	
Peso específico aparente (S.S.S.) promedio $=B/(B-C)$		2.57	
<b>Peso específico nominal promedio <math>=A/(B+A-C)</math></b>		<b>2.71</b>	
<b>Absorción promedio <math>=(S-A)/Ax100</math></b>		<b>1.30</b>	

Fuente: Elaboración propia

#### 1.3.1.4.8 Peso unitario de los agregados

*Tabla elaborada 13 Peso unitario suelto del agregado grueso-huso 67*

Descripción	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)
Pa= Diferencia del peso de la muestra más proctor menos peso proctor	3.421	3.446	3.427
Vp= Volumen del proctor utilizado	0.002124	0.002124	0.002124
PUS=Peso unitario suelto $=Pa/Vp$	1610.700	1622.470	1613.530
<b>Promedio</b>		<b>1615.57</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 14 Peso unitario compactado del agregado grueso-huso 67**

Descripción	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)
Pa= Diferencia del peso de la muestra más proctor menos peso proctor	3.684	3.705	3.692
Vp= Volumen del proctor utilizado	0.002124	0.002124	0.002124
PUS=Peso unitario suelto=Pa/Vp	1734.620	1744.370	1738.340
<b>Promedio</b>	<b>1739.11</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 15 Peso unitario suelto del agregado fino**

Descripción	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)
Pa= Diferencia del peso de la muestra más proctor menos peso proctor	1.554	1.550	1.565
Vp= Volumen del proctor utilizado	0.000944	0.000944	0.000944
PUS=Peso unitario suelto=Pa/Vp	1646.040	1641.850	1657.480
<b>Promedio</b>	<b>1648.46</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 16 Peso unitario compactado del agregado fino**

Descripción	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)
Pa= Diferencia del peso de la muestra más proctor menos peso proctor	1.685	1.684	1.681
Vp= Volumen del proctor utilizado	0.000944	0.000944	0.000944
PUS=Peso unitario suelto=Pa/Vp	1781.42	1783.75	1780.26
<b>Promedio</b>	<b>1781.81</b>		

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.3.2 Resultados de ensayos a los agregados para muestras cilíndricas de 2”x4”**

Los ensayos que se detallan a continuación, son los realizados al agregado grueso de huso 8, ya que el agregado fino es el mismo y se detalló en el ítem anterior.

**2.3.1.4.1 Granulometría del agregado grueso – huso 8**

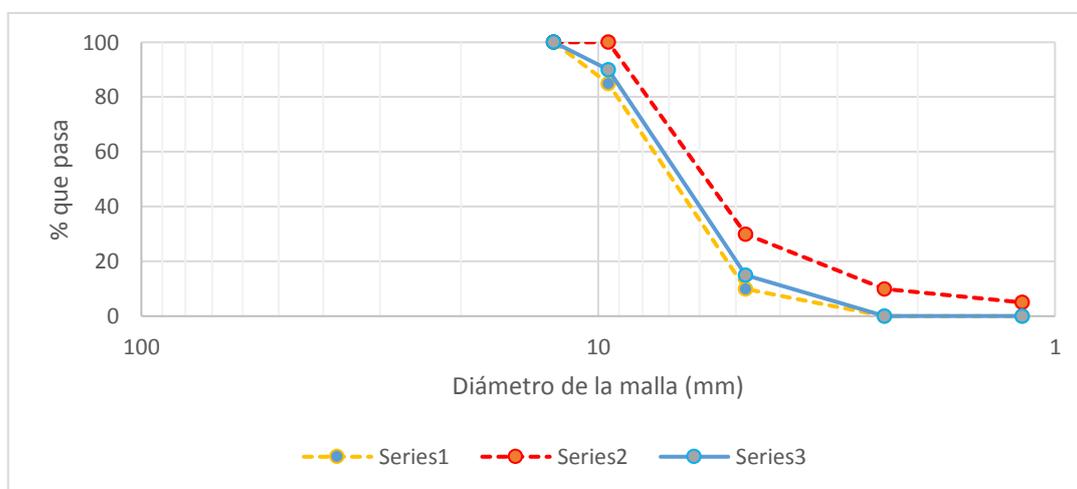
*Tabla elaborada 17 Análisis granulométrico del agregado grueso de Cunyac por tamizado-huso 8*

Peso de muestra ensayada 2000 gr

Tamaño tamiz	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	Peso ret. Corregido (gr)	% retenido	% reten. Acum.	% que pasa	Límites astm c-33	
3"	76.10			0.00	0.00	100.00	100	100
2"	50.00			0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50			0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00			0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00			0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50			0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.50	200	199.75	9.99	9.99	90.01	85	100
# 04	4.75	1500	1499.75	74.99	84.98	15.03	10	30
# 08	2.36	300	299.75	14.99	99.96	0.04	0	10
# 16	1.18	0	0.25	0.01	99.95	0.05	0	5
cazuela	0.00	1	1.00	0.05	100.00	0.01		
<b>TOTAL</b>		<b>2001.00</b>	<b>2000.00</b>	<b>100.00</b>		<b>Modulo de finura 5.95</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 6 Curva granulométrica del agregado grueso-huso 8**



Fuente: Elaboración propia

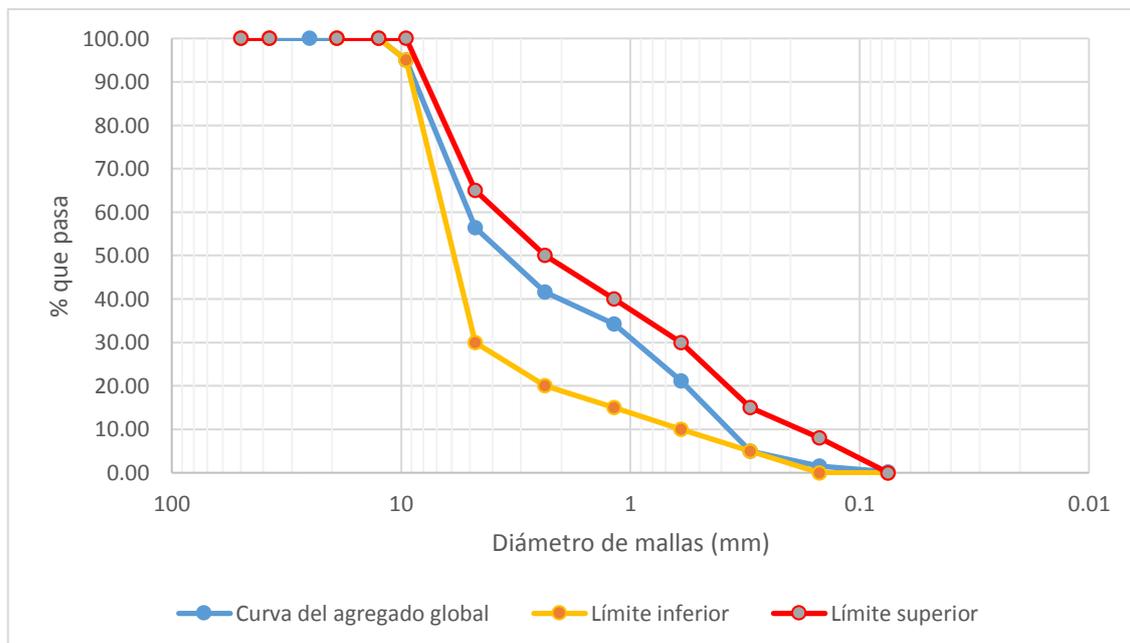
### 2.3.1.4.2 Granulometría del agregado global

*Tabla elaborada 18 Análisis granulométrico del agregado global(A.G. huso 8 y A.F.)*

Tamiz	Abertura (mm)	%ret grueso	Peso ret.		Peso ret. Fino x 50%	Granulometría agregado global			Límites	
			Grueso x50%	%ret. fino		%ret agregado global	% Retenido acumulado	% Ret que pasa	Mínimo	Máximo
			50.00%		50.00%					
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.500	<b>9.98</b>	4.99	0.00	0.00	4.99	4.99	95.01	95	100
N°4	4.750	<b>74.98</b>	37.49	<b>2.08</b>	1.04	38.53	43.52	56.48	30	65
N°8	2.360	<b>14.98</b>	7.49	<b>14.69</b>	7.35	14.84	58.36	41.64	20	50
N°16	1.180	0.00	0.00	<b>14.88</b>	7.44	7.44	65.80	34.20	15	40
N°30	0.600	0.00	0.00	<b>26.18</b>	13.09	13.09	78.89	21.11	10	30
N° 50	0.300	0.00	0.00	<b>32.20</b>	16.10	16.10	94.99	5.01	5	15
N° 100	0.150	0.00	0.00	<b>6.89</b>	3.44	3.44	98.43	1.57	0	8
N°200	0.075	0.00	0.00	<b>2.70</b>	1.35	1.35	99.78	0.22	0	0
cazuela		0.00	0.00	<b>0.38</b>	0.19	0.19	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>						<b>100.00</b>	<b>Modulo de finura 4.45</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 7 Curva granulométrica del agregado global (A.G. huso 8 y A.F.)**



Fuente: Elaboración propia

**2.3.1.4.3 Material fino que pasa por la malla N° 200**

*Tabla elaborada 19 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 del agregado grueso-huso8*

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso original de la muestra seca (gr)	1010.09	1005.32	1020.56
Peso de la muestra seca, después de ser lavada (gr)	1007.65	1003.01	1016.84
Material fino que pasa por el tamiz N° 200 (%)	0.24%	0.23%	0.36%
<b>Material fino que pasa por el tamiz N° 200 (%) promedio</b>	<b>0.28%</b>		

Fuente: Elaboración propia

**2.3.1.4.4 Contenido de humedad**

*Tabla elaborada 20 Contenido de humedad del agregado grueso- huso 8*

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso agregado grueso natural	320.98	310.99	309.99
Peso agregado grueso seco	319.27	309.61	308.4
Contenido de humedad parcial	0.54	0.45	0.52
<b>Contenido de humedad</b>	<b>0.50</b>		

Fuente: Elaboración propia

**2.3.1.4.5 Ensayo de abrasión de los ángeles**

*Tabla elaborada 21 Abrasión de los ángeles del agregado grueso - huso 8*

<b>GRADACIÓN C, 8 ESFERAS</b>	
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1
Peso seco antes del ensayo	5008.43
Peso seco después del ensayo	4090.25
% DE DESGASTE = ((P1-P2)/P1)X100	18.33%

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.4.6 Gravedad específica y absorción de agregados

*Tabla elaborada 22 Gravedad específica y absorción de agregado grueso-huso 8 (MTC E 2016-200)*

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A= Peso al aire de la muestra seca	2437.7	2469.9	2327.2
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	2460.2	2492.1	2348.9
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada	1538.9	1558.5	1468.9
Peso específico aparente =A/(B-C)	2.65	2.65	2.64
Peso específico aparente (S.S.S.) =B/(B-C)	2.67	2.67	2.67
Peso específico nominal=A/(A-C)	2.71	2.71	2.71
Absorción=(B-A)/Ax100	0.92	0.90	0.93
<b>Peso específico aparente promedio =A/(B-C)</b>		2.6453	
<b>Peso específico aparente (S.S.S.) promedio =B/(B-C)</b>		2.67	
<b>Peso específico nominal promedio=A/(A-C)</b>		2.71	
<b>Absorción promedio=(B-A)/Ax100</b>		0.92	

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.4.7 Peso unitario suelto y compactado de agregado grueso

*Tabla elaborada 23 Peso unitario suelto del agregado grueso-huso 8*

Descripción	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)
Pa= Diferencia del peso de la muestra más proctor menos peso proctor	3.460	3.452	3.455
Vp= Volumen del proctor utilizado	0.002124	0.002124	0.002124
PUS=Peso unitario suelto=Pa/Vp	1629.00	1625.24	1626.65
<b>Promedio</b>		<b>1626.96</b>	

5 Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 24 Peso unitario compactado de agregado grueso-huso 8*

Descripción	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)
<b>Pa= Diferencia del peso de la muestra más proctor menos peso proctor</b>	3.716	3.721	3.718
<b>Vp= Volumen del proctor utilizado</b>	0.002124	0.002124	0.002124
<b>PUS=Peso unitario suelto=Pa/Vp</b>	1749.53	1751.88	1750.47
<b>Promedio</b>		<b>1750.63</b>	

Fuente: Elaboración propia

## **4.2 Diseño de mezclas**

Uno de los métodos de diseño de mezclas más utilizados, es el método del ACI, más en esta investigación se utilizó el método del agregado global, ya que se ha visto muchas experiencias en las que ha dado buenos resultados, debido a que este método considera el máximo peso unitario compactado de los agregados, que le da mayor densidad al concreto.

Una vez concluido los diferentes ensayos de laboratorio para los agregados, como son: el contenido de humedad, el peso específico de masa, el peso unitario suelto y compactado y el módulo de finura, se procesó los resultados y se procedió a la elaboración del diseño de mezclas.

### **4.2.1 Método del Agregado global**

El método consiste en optimizar sistemáticamente la proporción de agregado fino y grueso como un solo material (agregado global), dirigido a:

- a) Controlar la trabajabilidad de la mezcla de concreto.
- b) Obtener la máxima compactación de la combinación de agregados mediante ensayos de laboratorio.

Para la adición de agua se debe tener en cuenta la durabilidad, según los códigos de diseño del ACI y Eurocódigos que son similares y por resistencia de acuerdo a la relación de Abrams (a/c).

#### **4.2.2 Diseño de mezclas para concretos $f'c=$ 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> –huso 67**

**(testigos cilíndricos de 4” x 8”)**

Para el diseño de mezclas de  $f'c=$ 140,175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>, se utilizó agregado grueso de tamaño máximo de 1” y tamaño máximo nominal de 3/4” (huso 67), el agregado fino, pasante la malla 3/8. Considerando que los testigos cilíndricos son de 4” x 8”.

La investigación consideró la máxima compactación de los agregados, para lo cual se determinó el máximo peso unitario compactado del agregado global mediante la combinación del agregado grueso y fino a diferentes porcentajes.

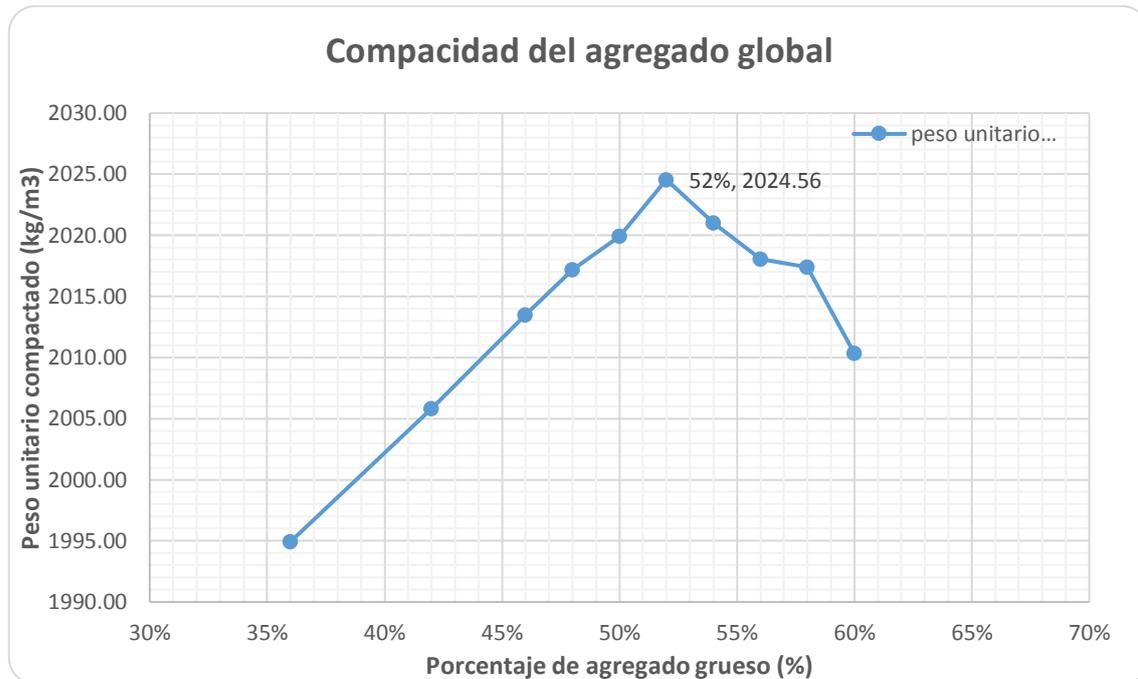
El siguiente cuadro muestra las diferentes combinaciones en porcentaje de agregado grueso y fino.

*Tabla elaborada 25 Combinación de diferentes porcentajes de agregado grueso y fino para la máxima compactación por peso unitario*

<b>Porcentaje de agregado grueso</b>	<b>Porcentaje de agregado fino</b>	<b>Peso del próctor más agregado global (kg)</b>	<b>Peso del próctor sin collarín</b>	<b>Volumen del próctor</b>	<b>Peso de agregado</b>	<b>Peso unitario compactado</b>
36%	64%	10.7973	6.5602	0.002124	4.24	1994.94
42%	58%	10.8204	6.5602	0.002124	4.26	2005.82
46%	54%	10.8367	6.5602	0.002124	4.28	2013.49
48%	52%	10.8445	6.5602	0.002124	4.28	2017.17
50%	50%	10.8504	6.5602	0.002124	4.29	2019.94
52%	48%	10.8602	6.5602	0.002124	4.30	2024.56
54%	46%	10.8527	6.5602	0.002124	4.29	2021.03
56%	44%	10.8464	6.5602	0.002124	4.29	2018.06
58%	42%	10.8450	6.5602	0.002124	4.28	2017.40
60%	40%	10.8300	6.5602	0.002124	4.27	2010.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Compacidad del agregado global para testigos cilíndricos de 2”x4”



Fuente: Elaboración propia

De este ensayo, se desprende que el mayor peso unitario compactado de agregado global resulta de la combinación del 48% de arena y el 52% de agregado grueso, cuyos datos se utilizaron en el diseño de mezclas.

#### 4.2.2.1 Diseño de mezclas inicial para concreto $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ –huso 67

Se siguió los siguientes pasos para el diseño de mezclas mediante el método del agregado global para una resistencia especificada de  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ .

##### a) Resistencia especificada y selección del asentamiento

De acuerdo a la consistencia, se utiliza las mezclas plásticas, mediante la siguiente tabla:

**Tabla 19 Asentamiento para diferentes estructuras**

<b>Tipo de construcción</b>	<b>Asentamiento</b>	
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Zapatasy muros de cimentación armados	3”	1”
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3”	1”
Vigas y muros armados	4”	1”
Columnas de edificios	4”	1”
Losas y pavimentos	3”	1”
Concretos ciclópeos	2”	1”

Fuente: Diseño de mezclas, ing Enrique Rivva López

La resistencia especificada es  $f'c= 140$  kg/cm<sup>2</sup>, la cual puede ser utilizada en falsas zapatas, cimientos corridos con adición de piedra grande, etc. por lo que el asentamiento que se utiliza en es de 3”.

**b) Determinación de la resistencia requerida**

**Tabla 20 Tabla de resistencia requerida**

<b>Resistencia especificada</b>	<b>Resistencia requerida</b>
<b><math>F'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>F'cr</math>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
$F'c < 210$	$F'cr=f'c +70$
$210 < f'c \leq 350$	$F'cr = f'c + 85$
$F'c > 350$	$F'cr=1.10*f'c+50$

Fuente: Diseño de mezclas, Enrique Rivva López

La resistencia especificada es  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup> y éste es menor a 210 kg/cm<sup>2</sup>, entonces la fórmula que se utiliza para la resistencia requerida, es:  $f'cr= f'c +70$

$$F'cr=140 + 70 = 210 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Para lo cual es necesario conocer el asentamiento, que en este caso es 3”, así como el tamaño máximo nominal del agregado grueso, que en este caso es 3/4”.

De acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 21 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.**

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
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: Diseño de mezclas, Enrique Riva lópez

Por consiguiente, la cantidad de agua para diseño es de 205 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

Para la determinación del aire atrapado se considera el tamaño máximo nominal de la piedra y se utiliza el siguiente cuadro.

**Tabla 22 Contenido de aire atrapado por m<sup>3</sup> de concreto.**

Tamaño nominal máximo	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: Diseño de mezclas, Enrique Riva lópez

Por consiguiente, el aire atrapado es de 2%.

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

Para la selección de la relación agua/cemento, se necesita la resistencia requerida  $f'_{cr}$ , que para este diseño de mezclas es  $f'_{cr}=210$  kg/cm<sup>2</sup>, seleccionamos la relación a/c del siguiente cuadro:

**Tabla 23 Resistencia requerida y la relación agua-cemento**

<b>F'cr</b>	<b>(a/c)</b>
<b>450</b>	0.38
<b>400</b>	0.42
<b>350</b>	0.47
<b>300</b>	0.54
<b>250</b>	<b>0.61</b>
<b>200</b>	<b>0.69</b>
<b>150</b>	0.79

Fuente: Diseño de mezclas, Enrique Rivva López

Se observa que  $f'_{cr}=210$  kg/cm<sup>2</sup>, es un valor que está entre 200 kg/cm<sup>2</sup> y 250 kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual es necesario realizar una interpolación, en la que resulta 0.674.

$f'_{cr}$	a/c
250	0.61
210	x
200	0.69

$$\frac{210 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.61}{0.61 - 0.69}$$
$$x = 0.674$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.674} = 304.15 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

Para hallar la cantidad de arena y piedra, es necesario tomar en consideración si el concreto a diseñar es convencional o requerirá de algún aditivo, más para esta

investigación sólo es convencional, por lo que sus componentes son el cemento, agua, arena, piedra y aire.

***Cuadro explicativo 1 Cantidad de arena y piedra  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>***

Descripción	Cálculo en seco				
	Peso seco	Peso específico	Volumen		Peso unitario seco
			Volumen existente	Distrib. de volum. faltante	
WS (kg)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	V(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	WUS	
Cemento	304.15	2850.00	0.107		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.67
Arena	x	2617.57		0.321	2.76
Piedra	y	2689.35		0.347	3.07
Aire	2%	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>			0.332	0.668	
			1.000		

Fuente: Elaboración propia

El peso seco del cemento se conoce, como también la cantidad de agua y el porcentaje de aire, las cuales ocupan un volumen, pero de la arena y la piedra son incógnitas, “x” e “y” respectivamente.

Los pesos específicos de los componentes del concreto son conocidos, por lo que se puede conocer el volumen del cemento y del agua, y del aire de acuerdo a tabla, de la siguiente forma:

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{304.15}{2850} = 0.107$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.107 + 0.205 + 0.020 = 0.332$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.332 = 0.668$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.668 \times 48\% = 0.321$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.668 \times 52\% = 0.347$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.321 = 840.24$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2689.35 \times 0.347 = 933.20$$

***Cuadro explicativo 2 Calculo de volúmenes y peso unitario seco.***

Descripción	Cálculo en seco				
	Peso seco	Peso específico	Volumen		Peso unitario seco
			Volumen existente	Distrib. de volum. faltante	
WS (kg)	Pe (kg/m3)	V(m3)	(m3)	WUS	
<b>Cemento</b>	304.15	2850.00	0.107		1.00
<b>Agua</b>	205.00	1000.00	0.205		0.67
<b>Arena</b>	840.24	2617.57		0.321	2.76
<b>Piedra</b>	933.20	2689.35		0.347	3.07
<b>Aire</b>	2%	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>			<b>0.332</b>	<b>0.668</b>	
			<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{304.15}{304.15} = 1$$

$$WUS_{agua} = \frac{205}{304.15} = 0.67$$

$$WU_{arena} = \frac{840.24}{304.15} = 2.76$$

$$WUS_{piedra} = \frac{933.20}{304.15} = 3.07$$

**h) Corrección por humedad y absorción**

La corrección por humedad y absorción de la piedra y la arena modifica la cantidad de agua previsto en estado seco, ésta puede aumentar o disminuir.

*Cuadro explicativo 3 Corrección por humedad de agregados, peso unitario y volumen en obra f’c=140 kg/cm2.*

Descripción	Cálculo en obra			
	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie3)
	WO	WUO		
Cemento	304.15	1.00	42.50	1.00
Agua	210.59	0.69	29.33	29.33
Arena	846.88	2.78	118.15	2.53
Piedra	938.06	3.08	130.90	2.86
-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2299.68</b>	<b>7.55</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso del cemento en obra es el mismo, no varía.

Peso del cemento=304.15 kg.

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$Acorreg = Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abs pied)}{100} \right]$$

$$Acorreg = 205 - \left[ 840.24 * \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 933.2 * \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.59$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 840.24 \times (1 + 0.0079) = 846.88$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo piedra en kg} = \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 933.20 \times (1 + 0.0052) = 938.06$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{304.15}{304.15} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{210.59}{304.15} = 0.69$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{846.88}{304.15} = 2.78$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{938.06}{304.15} = 3.08$$

Peso unitario en obra por bolsa de cemento (WUO x 42.5)

En obra, para las tandas de concreto normalmente se referencia con la bolsa de cemento cuyo peso es 42.5 kg, por lo cual hacemos el siguiente cálculo:

$$WUO_{\text{cemento}} \times 42.5 = 1 \times 42.5 = 42.5$$

$$WUO_{\text{agua}} \times 42.5 = 0.69 \times 42.5 = 29.33$$

$$WUO_{\text{arena}} \times 42.5 = 2.78 \times 42.5 = 118.15$$

$$WUO_{\text{piedra}} \times 42.5 = 3.08 \times 42.5 = 130.90$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>

- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 29.33 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUOarena \times 42.5}{PUSarena} \times 35.31 = \frac{118.15}{1648.46} \times 35.31 = 2.53 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{130.90}{1615.57} \times 35.31 = 2.86 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 4 Dosificación para diseño de mezclas inicial f'c=140 kg/cm2**

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	<b>2.53</b>	<b>2.86</b>	<b>29.33</b>	<b>Lit / bols</b>
				<b>0.69</b>

Fuente: Elaboración propia

**i) Mezcla de prueba**

El diseño de mezclas es una aproximación de las cantidades de cada componente a considerar en la elaboración del concreto, es por ello que, es necesario realizar las mezclas de prueba.

Para la mezcla de prueba, se hizo los siguientes cálculos:

**Cuadro explicativo 5 Cálculo de mezcla de prueba inicial f'c=140 kg/cm2**

Descripción	Cantidad	Unidad
N° de briquetas	4.00	
Peso de cada briqueta	4.90	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60	kg
Factor F = Wtb/WUOtotal	2.60	

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró 04 briquetas de prueba y se consideró un peso aproximado de 4.90 kg por cada uno, lo que hizo un peso total de 19.60 kg.

Se trabajó con un factor F, que es igual a:

$$F = \frac{\text{peso total de briquetas}}{\text{peso unitario en obra total}} = \frac{19.60}{7.55} = 2.60$$

Entonces, los pesos de cada componente del concreto de la mezcla de prueba, resulta:

**Cuadro explicativo 6 Cantidades de componentes para mezcla de prueba**

Descripción	Mezcla de prueba
	WUO*F (kg)
Cemento	2.60
Agua	1.79
Arena	7.23
Piedra	8.01
Aire	-

Fuente: Elaboración

$$WUOcemento \times F = 1 \times 2.60 = 2.60$$

$$WUOagua \times F = 0.69 \times 2.60 = 1.79$$

$$WUOcemento \times F = 2.78 \times 2.60 = 7.23$$

$$WUOcemento \times F = 3.08 \times 2.60 = 8.01$$

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B1

#### **4.2.2.2 Corrección de diseño de mezclas inicial $f'c=140$ kg/cm<sup>2</sup> - huso 67 por asentamiento y densidad**

Después de elaborar las briquetas de prueba, se observó que la cantidad de agua de diseño excedió al necesario para lograr un asentamiento de 3” a 4”, lo que obligó a replantear el diseño de mezclas, modificando la cantidad de agua de diseño.

**Cuadro explicativo 7 Cálculo en seco del diseño inicial de  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>-huso67**

Descripción	Cálculo en seco	
	Peso seco	Peso unitario seco
	WS (kg)	WUS
Cemento	304.15	1.00
Agua	205.00	0.67
Arena	840.24	2.76
Piedra	933.20	3.07
<b>TOTAL</b>	<b>2282.59</b>	

Fuente: Elaboración propia

La densidad teórica del concreto es de 2282.59 kg/m<sup>3</sup>, de acuerdo al cuadro anterior.

Según el cálculo del diseño de mezclas inicial se tiene:

**Cuadro explicativo 8 Medidas de los componentes de mezcla de prueba inicial de  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 67**

Descripción	Cálculo en obra	Mezcla de prueba
	Peso en obra WO	WUO*F Para 19.60 kg
Cemento	304.15	2.60
Agua	210.59	1.79
Arena	846.88	7.23
Piedra	938.06	8.01
Aire	-	-
<b>TOTAL</b>	2299.68	

Fuente: Elaboración propia

Al preparar la mezcla de prueba sobró 0.151 lit. de agua para un asentamiento de 3” a 4”.

La densidad real medida después de la elaboración de la mezcla de prueba es 2363.84

kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Rendimiento de la mezcla} = \frac{2.60 + 1.79 - 0.151 + 7.23 + 8.01}{2363.84} = 0.00824 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua corregida} = \frac{1.79 + 0.04 + 0.01 - 0.151}{0.00824} = 204.98 \text{ lit}$$

$$\text{cemento corregido} = \frac{204.98}{0.67} = 305.94 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{8.01}{0.00824} = 972.09 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{972.09}{1.0052} = 967.06 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra saturada corregida} = 967.06 \times 1.0066 = 973.44 \text{ kg}$$

$$\text{Arena saturada corregida} = 2363.84 - 204.98 - 305.94 - 967.06 = 879.48 \text{ kg}$$

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{879.48}{1.013} = 868.19 \text{ kg}$$

Entonces las proporciones corregidas por asentamiento y densidad son:

*Cuadro explicativo 9 Dosificación en seco de diseño de mezclas inicial corregido de  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup> – huso 67*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
305.94	204.98	868.19	967.06
1.00	0.67	2.84	3.16

Fuente: Elaboración propia

*Cuadro explicativo 10 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas inicial corregido de  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup> – huso 67*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
305.94	210.76	875.05	972.09
1	0.69	2.86	3.18

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B2

#### **4.2.2.3 Diseño de mezclas final para concretos $f'c= 140$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 67**

Los pasos a seguir en el diseño de mezclas son los mismos que se mostraron en el diseño de mezclas inicial, con la diferencia de que la resistencia requerida se obtiene mediante fórmulas que consideran la desviación estándar obtenida a partir ensayos de compresión simple hechos a testigos cilíndricos que se elaboraron con el diseño de mezclas inicial corregido.

Los ensayos de compresión simple que se realizaron para la obtención de la desviación estándar, se muestran en el ANEXO A1.

Con el valor de la desviación estándar  $S_s=13.88$  se determina la resistencia requerida

##### **a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19 el asentamiento es de 3”

##### **b) Determinación de la resistencia requerida**

Para la determinación de la resistencia requerida se utiliza la siguiente tabla

**Tabla 24 Resistencia Requerida con desviación estándar**

<b>Resistencia especificada <math>F'_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia requerida <math>F'_{cr}</math>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
$f'_c \leq 350$	Usar el mayor valor obtenido entre las ecuaciones 1 y 2 $f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s$ (1) $f'_{cr} = f'_c + 2.33 S_s - 35$ (2)
$f'_c > 350$	Usar el mayor valor obtenido entre las ecuaciones 1 y 3 $f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s$ (1) $f'_{cr} = 0.90 f'_c + 2.33 S_s$ (3)
$F'_c > 350$	$F'_{cr}=1.10 \cdot F'_c+50$

Fuente:RNE. Norma E 060

La resistencia especificada del diseño de mezclas es  $f'_c=140$  kg/cm<sup>2</sup> y éste es menor a 350 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se utiliza las fórmulas (1) y (2), de las cuales se selecciona el mayor valor resultante.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s = 140 + 1.34 \times 13.88 = 158.60$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 S_s - 35 = 140 + 2.33 \times 13.88 = 137.34$$

El mayor valor resultante de la resistencia requerida es 158.60 kg/cm<sup>2</sup>

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 205 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 2%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'_{cr}$	a/c
200	0.69
158.60	x
150	0.79

$$\frac{158.60 - 150}{200 - 150} = \frac{x - 0.79}{0.69 - 0.79}$$

$$x = 0.773$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.773} = 265.20 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{265.20}{2850} = 0.093$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.093 + 0.205 + 0.020 = 0.318$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.318 = 0.682$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.682 \times 48\% = 0.327$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.682 \times 52\% = 0.355$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.327 = 855.95$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2689.35 \times 0.355 = 954.72$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{265.20}{265.20} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{205}{265.20} = 0.77$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{855.95}{265.20} = 3.23$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{954.72}{265.20} = 3.60$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(\text{Humaren} - \text{absaren})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(\text{Humpied} - \text{abspied})}{100} \right]$$

$$A_{\text{correg}} = 205 - \left[ 855.95 * \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 954.72 * \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.70$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 855.95 \times (1 + 0.0079) = 862.71$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 954.72 \times (1 + 0.0052) = 959.68$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{265.20}{265.20} = 1$$

$$WUO_{agua} = \frac{210.70}{265.20} = 0.79$$

$$WUO_{arena} = \frac{862.71}{265.20} = 3.25$$

$$WUO_{piedra} = \frac{959.68}{265.20} = 3.62$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 33.58 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{arena} \times 42.5}{PUS_{arena}} \times 35.31 = \frac{138.13}{1648.46} \times 35.31 = 2.96 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{piedra} \times 42.5}{PUS_{piedra}} \times 35.31 = \frac{153.85}{1615.57} \times 35.31 = 3.36 \text{ pie}^3$$

***Cuadro explicativo II Dosificación para diseño de mezclas inicial f’c=140 kg/cm2***

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	<b>2.96</b>	<b>3.36</b>	<b>33.58</b>	<b>Lit / bols</b> <b>0.79</b>

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B3

#### **4.2.2.4 Corrección de diseño de mezclas final f’c= 140 kg/cm2– huso 67 por asentamiento y densidad**

##### **a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.18 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.58 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.58 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proctor = 0.002124

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2280.86 kg/m3

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.58 - 6.58}{0.002124} = 2354.05\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{2.26 + 1.79 + 7.35 + 8.18 - 0.18}{2354.05} = 0.00824$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{1.79 + 0.037 + 0.011 - 0.18}{0.00824} = 201.21\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{201.21}{0.77} = 261.31\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{8.18}{0.00824} = 992.72\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{992.72}{1.0052} = 987.58\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 987.58 \times 1.0066 = 994.10\ kg$$

**m) Arena saturada corregida**

$$Arena\ saturada\ corregida = 2354.05 - 201.21 - 261.31 - 994.10 = 897.43\ kg$$

**n) Arena seca corregida**

$$Arena\ seca\ corregida = \frac{897.43}{1.013} = 885.91\ kg$$

**Cuadro explicativo 12 Dosificación en seco de diseño de mezclas final corregido de f'c=140 kg/cm2 – huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
<b>261.31</b>	201.21	885.91	987.58
<b>1.00</b>	0.77	3.39	3.78

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 13 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas final corregido de f'c=140 kg/cm2 – huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
<b>261.31</b>	207.11	892.91	992.72
<b>1</b>	0.79	3.42	3.8

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B4

---

#### **4.2.2.5 Diseño de mezclas inicial para concretos $f'_c= 175$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 67 (muestras cilíndricas de 4”x8”)**

Se siguió los siguientes pasos para el diseño de mezclas mediante el método del agregado global para  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

La resistencia especificada es de 175 kg/cm<sup>2</sup>

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 20, como la resistencia especificada es  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y éste es menor a 210 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia requerida:  $f'_{cr}= f'_c +70$

$$F'_{cr}=175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

De acuerdo a la tabla 21, como el asentamiento, que en este caso es 3” a 4” y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, que en este caso es 3/4”.

Por consiguiente, la cantidad de agua para diseño es de 205 lit/m<sup>3</sup>.

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es de 2%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

Para la selección de la relación agua/cemento, se necesita la resistencia requerida  $f'_{cr}$ , que para este diseño de mezclas es  $f'_{cr}=245$  kg/cm<sup>2</sup>, seleccionamos la relación a/c de la tabla 23.

Se observa que  $f'_{cr}=245$  kg/cm<sup>2</sup>, es un valor que está entre 200 kg/cm<sup>2</sup> y 250 kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual es necesario realizar una interpolación, en la que resulta 0.618.

f'cr	a/c
250	0.61
245	x
200	0.69

$$\frac{245 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.69}{0.61 - 0.69}$$

$$x = 0.618$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.618} = 331.72 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

Para hallar la cantidad de arena y piedra, es necesario tomar en consideración si el concreto a diseñar es convencional o requerirá de algún aditivo, más para esta investigación sólo es convencional, por lo que sus componentes son el cemento, agua, arena, piedra y aire.

*Cuadro explicativo 14 Cantidad de arena y piedra.*

Descripción	Cálculo en seco				
	Peso seco	Peso específico	Volumen		Peso unitario seco
			Volumen existente	Distrib. de volum. faltante	
WS (kg)	Pe (kg/m3)	V(m3)	(m3)	WUS	
Cemento	331.72	2850.00	0.116		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.62
Arena	X	2617.57		0.316	2.49
Piedra	Y	2689.35		0.343	2.78
Aire	2%	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>			<b>0.341</b>	<b>0.659</b>	
			<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso seco del cemento se conoce, como también la cantidad de agua y el porcentaje de aire, las cuales ocuparán un volumen. En el caso de la arena y la piedra son incógnitas, “x” e “y” respectivamente.

Los pesos específicos de los componentes son conocidos, entonces se puede conocer el volumen del cemento, del agua y del aire, de la siguiente forma:

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{331.72}{2850} = 0.116 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020 \text{ m}^3$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.116 + 0.205 + 0.020 = 0.341 \text{ m}^3$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.341 = 0.659 \text{ m}^3$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.659 \times 48\% = 0.316 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.659 \times 52\% = 0.343 \text{ m}^3$$

Una vez conocido el volumen de la arena y la piedra, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.316 = 827.15 \text{ kg}$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2689.35 \times 0.343 = 922.45 \text{ kg}$$

*Cuadro explicativo 15 Cálculo de peso unitario seco*

Descripción	Cálculo en seco				
	Peso seco	Peso específico	Volumen		Peso unitario seco
			Volumen existente	Distrib. de volum. faltante	
	WS (kg)	Pe (kg/m3)	V(m3)	(m3)	WUS
Cemento	331.72	2850.00	0.116		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.62
Arena	827.15	2617.57		0.316	2.49
Piedra	922.45	2689.35		0.343	2.78
Aire	0.02	-	0.020		-
			<b>0.341</b>	<b>0.659</b>	
	<b>TOTAL</b>		<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{Cemento}} = \frac{331.72}{331.72} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{205}{331.72} = 0.62$$

$$WUS_{\text{arena}} = \frac{827.15}{331.72} = 2.49$$

$$WUS_{\text{Piedra}} = \frac{922.45}{331.72} = 2.78$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La corrección por humedad y absorción de la piedra y la arena modifica la cantidad de agua previsto en estado seco, ésta puede aumentar o disminuir.

**Cuadro explicativo 16 Corrección por humedad y absorción de agregados.**

Descripción	Cálculo en obra			
	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)
Cemento	331.72	1.00	42.50	1.00
Agua	210.55	0.63	26.78	26.78
Arena	833.69	2.51	106.68	2.29
Piedra	927.21	2.80	119.00	2.60
Aire	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>6.94</b>		

Fuente:

El peso del cemento en obra es el mismo, no varía.

Peso del cemento=331.72 kg

La cantidad de agua final está dada por la siguiente fórmula:

$$Acorreg = Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abs pied)}{100} \right]$$

$$Acorreg = 205 - \left[ 827.15 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 922.45 x \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.55 \text{ lit}$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 827.15 (1 + 0.0079) = 833.69 \text{ kg}$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo piedra en kg} = \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 922.45 \times (1 + 0.0052) = 927.21 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{331.72}{331.72} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{210.59}{331.72} = 0.63$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{833.69}{331.72} = 2.51$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{927.21}{331.72} = 2.80$$

Peso unitario en obra por bolsa de cemento (WUO x 42.5)

En obra, para las tandas de concreto normalmente se referencia con la bolsa de cemento cuyo peso es 42.5 kg, por lo cual hacemos el siguiente cálculo:

$$WUO_{\text{cemento}} \times 42.5 = 1 \times 42.5 = 42.5$$

$$WUO_{\text{agua}} \times 42.5 = 0.63 \times 42.5 = 26.78$$

$$WUO_{\text{arena}} \times 42.5 = 2.51 \times 42.5 = 106.68$$

$$WUO_{\text{piedra}} \times 42.5 = 2.80 \times 42.5 = 119.00$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

$$1 \text{ bolsa de cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabajó, 26.78 lit/bol.

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la arena

$$\frac{WUO_{\text{arena}} \times 42.5}{PUS_{\text{arena}}} \times 35.31 = \frac{106.68}{1648.46} \times 35.31 = 2.29 \text{ pie}^3$$

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{\text{piedra}} \times 42.5}{PUS_{\text{piedra}}} \times 35.31 = \frac{119.00}{1615.57} \times 35.31 = 2.60 \text{ pie}^3$$

La dosificación, es:

**Cuadro explicativo 17 Dosificación de diseño de mezclas inicial de f'c=175 kg/cm2-huso 67**

Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c
<b>1.00</b>	<b>2.29</b>	<b>2.60</b>	<b>26.78</b>	<b>lit/bols</b>	<b>0.63</b>

Fuente: Elaboración propia

**i) Mezcla de prueba**

El diseño de mezclas es una aproximación de las cantidades de cada componente a considerar en la elaboración del concreto, es por ello que es necesario realizar las mezclas de prueba. Para la mezcla de prueba, debemos hacer los siguientes cálculos:

**Cuadro explicativo 18 cálculo para mezcla de prueba**

<b>CÁLCULO PARA MEZCLA DE PRUEBA</b>		
N° de briquetas	4.00	
Peso de cada briqueta	4.90	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60	kg
Factor F = Wtb/WUO	2.82	

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró 04 briquetas de prueba y se consideró un peso aproximado de 4.90 kg por cada uno, lo cual hizo un peso total de 19.60 kg.

Se trabajó con un factor F, que es igual a:

$$F = \frac{\text{peso total de briquetas}}{\text{peso unitario en obra total}} = \frac{19.60}{6.94} = 2.82$$

Entonces el peso de cada componente para la mezcla de prueba resulta:

**Cuadro explicativo 19 Cantidades de componentes para mezcla de prueba f'c=175 kg/cm2**

<b>Descripción</b>	<b>Mezcla de prueba</b>
	<b>WUO*F</b>
Cemento	2.82
Agua	1.78
Arena	7.08
Piedra	7.90
Aire	-

Fuente: Elaboración propia

$$WUO_{\text{cemento}} \times F = 1 \times 2.82 = 2.82$$

$$WUO_{\text{agua}} \times F = 0.63 \times 2.82 = 1.78$$

$$WUO_{\text{cemento}} \times F = 2.51 \times 2.82 = 7.08$$

$$WUO_{\text{cemento}} \times F = 2.80 \times 2.07 = 7.90$$

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B5

#### **4.2.2.6 Corrección de diseño de mezclas inicial $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ por asentamiento y densidad (testigos cilíndricos 4’’x8’’)**

Después elaborar las briquetas de prueba se observó que la cantidad de agua de diseño excedió al necesario para lograr un asentamiento de 3’’ a 4’’, lo que obligó a replantear el diseño de mezclas, modificando la cantidad de agua de diseño.

*Cuadro explicativo 20 Cálculo en seco del diseño inicial de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$*

Descripción	Cálculo en seco	
	Peso seco	Peso unitario seco
	WS (kg)	WUS
Cemento	331.72	1.00
Agua	205.00	0.62
Arena	827.15	2.49
Piedra	922.45	2.78
<b>TOTAL</b>	2286.32	

Fuente: Elaboración propia

La densidad teórica del concreto es de 2286.32 kg/m<sup>3</sup>, de acuerdo al cuadro anterior.

Según el cálculo del diseño de mezclas inicial, se tiene lo siguiente:

*Cuadro explicativo 21 Medidas de los componentes de mezcla de prueba inicial de f'c= 175 kg/cm2 -huso 67*

Descripción	Cálculo en obra Peso en obra WO	Mezcla de prueba WUO*F
Cemento	331.72	2.82
Agua	210.55	1.78
Arena	833.69	7.08
Piedra	927.21	7.90
<b>TOTAL</b>	<b>2303.17</b>	

Fuente: Elaboración propia

Al preparar la mezcla de prueba sobró 0.142 lit de agua para un asentamiento de 3” a 4”.

La densidad real medida después de la elaboración de la mezcla de prueba es 2368.55

kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Rendimiento de la mezcla} = \frac{2.82 + 1.78 - 0.142 + 7.08 + 7.90}{2368.55} = 0.00821 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua corregida} = \frac{1.78 + 0.04 + 0.01 - 0.142}{0.00821} = 205.6 \text{ lit}$$

$$\text{cemento corregido} = \frac{205.6}{0.62} = 331.61 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{7.90}{0.00821} = 962.24 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{962.24}{1.0052} = 957.3 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra saturada corregida} = 957.3 \times 1.0066 = 963.61 \text{ kg}$$

$$\text{Arena saturada corregida} = 2368.55 - 205.6 - 331.61 - 963.61 = 867.73 \text{ kg}$$

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{867.73}{1.013} = 856.57 \text{ kg}$$

Entonces las proporciones corregidas por asentamiento y densidad son:

*Cuadro explicativo 22 Dosificación en seco de diseño de mezclas inicial corregido de  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> - huso 67*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
<b>331.61</b>	205.6	856.57	957.3
<b>1</b>	0.62	2.58	2.89

Fuente: Elaboración propia

*Cuadro explicativo 23 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas inicial corregido de  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>.- huso 67*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
<b>331.61</b>	211.35	863.35	962.24
<b>1</b>	0.64	2.6	2.9

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B6

#### **4.2.2.7 Diseño de mezclas final para concretos $f'c= 175$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 67**

Los pasos a seguir en el diseño de mezclas son los mismos que se mostraron en el diseño de mezclas inicial  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, con la diferencia de que la resistencia requerida se obtiene mediante fórmulas que consideran la desviación estándar obtenida a partir ensayos de compresión simple hechos a testigos cilíndricos que se elaboraron con el diseño de mezclas inicial.

Los resultados de los ensayos a compresión simple para la determinación de la desviación estándar a testigos cilíndricos de 4”x8” se muestran en el ANEXO A2.

La desviación estándar es,  $S_s=14.01$ , que se utilizará en la determinación de la resistencia requerida.

##### **a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, como la resistencia especificada del diseño de mezclas es  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y éste es menor a 350 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se utiliza las fórmulas (1) y (2), de las cuales seleccionaremos el mayor valor resultante.

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 S_s = 175 + 1.34 \times 14.1 = 193.77$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 S_s - 35 = 175 + 2.33 \times 14.01 = 172.64$$

El mayor valor resultante de la resistencia requerida es 193.77 kg/cm<sup>2</sup>.

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 205 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 2%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'_{cr}$	a/c
250	0.61
193.77	x
200	0.69

$$\frac{193.77 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.69}{0.61 - 0.69}$$
$$x = 0.700$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.700} = 292.87 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{292.87}{2850} = 0.103$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.103 + 0.205 + 0.020 = 0.328$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.328 = 0.672$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.672 \times 48\% = 0.323$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.672 \times 52\% = 0.349$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.323 = 845.48$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2689.35 \times 0.349 = 938.58$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{292.87}{292.87} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{205}{292.87} = 0.70$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{845.48}{292.87} = 2.89$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{938.58}{292.87} = 3.20$$

### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$Acorreg = Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abs pied)}{100} \right]$$
$$Acorreg = 205 - \left[ 845.48 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 938.58 x \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.66 \text{ lit}$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo arena en kg} \\ = \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 845.48 \times (1 + 0.0079) = 852.17$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo piedra en kg} \\ = \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 938.58 \times (1 + 0.0052) = 943.43$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{292.87}{292.87} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{210.66}{292.87} = 0.72$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{852.17}{292.87} = 2.91$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{943.43}{292.87} = 3.22$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1pie<sup>3</sup>

- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 30.60 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUOarena \times 42.5}{PUSarena} \times 35.31 = \frac{123.68}{1648.46} \times 35.31 = 2.65 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{136.68}{1615.57} \times 35.31 = 2.99 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 24 Dosificación de diseño de mezclas final f’c=175 kg/cm<sup>2</sup>**

<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>a/c</b>
1.00	2.65	2.99	30.60	lit/bols 0.72

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B7

#### **4.2.2.8 Corrección de diseño de mezclas final f’c= 175 kg/cm<sup>2</sup> – huso 67 por asentamiento y densidad.**

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.172 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.58 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.59 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2281.93 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{\text{peso concreto más próctor} - \text{peso del próctor}}{\text{volumen del próctor}}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.59 - 6.5602}{0.002124} = 2368.08\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{2.50 + 1.80 + 7.28 + 8.05 - 0.172}{2368.08} = 0.00822$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{1.80 + 0.037 + 0.011 - 0.172}{0.00822} = 203.89\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{203.89}{0.70} = 291.27\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{8.05}{0.00822} = 979.32\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{979.32}{1.0052} = 974.29\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 974.29 \times 1.0066 = 980.71\ kg$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} Arena\ saturada\ corregida &= 2368.08 - 203.89 - 291.27 - 980.71 \\ &= 892.21\ kg \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{892.21}{1.013} = 880.74 \text{ kg}$$

*Cuadro explicativo 25 Dosificación en seco de diseño de mezclas final corregido de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
<b>291.27</b>	203.89	880.74	974.29
<b>1</b>	0.7	3.02	3.34

Fuente: Elaboración propia

*Cuadro explicativo 26 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas final corregido de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  – huso 67*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
<b>291.27</b>	209.78	887.71	979.32
<b>1</b>	0.72	3.05	3.36

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B8

**4.2.2.9 Diseño de mezclas inicial para  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  (testigos cilíndricos de 4”x8”)**

Se siguió los siguientes pasos para el diseño de mezclas mediante el método del agregado global para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 20, como la resistencia especificada para el diseño de mezclas es  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , por consiguiente, la fórmula que se utiliza para la resistencia requerida, es:  $f'cr= f'c +85$

$$F'cr=210 + 85 = 295 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Para lo cual es necesario conocer el asentamiento, que en este caso es 3” a 4”, así como el tamaño máximo nominal del agregado grueso, que en nuestro caso es 3/4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua para diseño es de 205 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

Para la determinación del aire atrapado se considera el tamaño máximo nominal de la piedra.

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es de 2%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

Para la selección de la relación agua/cemento, se necesita la resistencia requerida  $f'_{cr}$ , que para este diseño de mezclas es  $f'_{cr}=295$  kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo a la tabla 23, se observa que  $f'_{cr}=295$  kg/cm<sup>2</sup>, es un valor que está entre 250 kg/cm<sup>2</sup> y 300 kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual es necesario realizar una interpolación, en la que resulta 0.547.

$f'_{cr}$	a/c
300	0.54
295	x
250	0.61

$$\frac{295 - 250}{300 - 250} = \frac{x - 0.61}{0.54 - 0.61}$$
$$x = 0.547$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.547} = 374.77 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

Para hallar la cantidad de arena y piedra, es necesario tomar en consideración si el concreto a diseñar es convencional o requerirá de algún aditivo, más para esta investigación sólo es convencional, por lo que sus componentes son el cemento, agua, arena, piedra y aire.

*Cuadro explicativo 27 Cantidad de arena y piedra  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*

Descripción	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Cálculo en seco		Peso unitario seco WUS
			Volumen		
			Volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )	
Cemento	374.77	2850.00	0.131		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.55
Arena	X	2617.57		0.309	2.16
Piedra	Y	2689.35		0.335	2.40
Aire	0.02	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>			<b>0.356</b>	<b>0.644</b>	
			<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso seco del cemento se conoce, como también la cantidad de agua y el porcentaje de aire, las cuales ocuparán un volumen, pero de la arena y la piedra son incógnitas, “x” e “y” respectivamente.

Los pesos específicos de los componentes del concreto son conocidos, por lo que se puede conocer el volumen del cemento y del agua, y del aire de acuerdo a tabla, de la siguiente forma:

$$V = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{374.77}{2850} = 0.131$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{aire} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{parcial} = 0.131 + 0.205 + 0.020 = 0.356$$

El volumen faltante, es:

$$V_{faltante} = 1 - 0.356 = 0.644$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{arena} = 0.644 \times 48\% = 0.309$$

$$V_{piedra} = 0.644 \times 52\% = 0.335$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$peso\ seco = peso\ específico \times volumen$$

$$x = peso\ seco\ arena = 2617.57 \times 0.309 = 808.83$$

$$y = peso\ seco\ piedra = 2689.35 \times 0.335 = 900.93$$

**Cuadro explicativo 28 Calculo de volúmenes y peso unitario seco**

Descripción	Cálculo en seco				
	Peso seco	Peso específico	Volumen		Peso unitario seco
			Volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )	
	WS (kg)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )			WUS
<b>Cemento</b>	374.77	2850.00	0.131		1.00
<b>Agua</b>	205.00	1000.00	0.205		0.55
<b>Arena</b>	<b>808.83</b>	2617.57		0.309	2.16
<b>Piedra</b>	<b>900.93</b>	2689.35		0.335	2.40
<b>Aire</b>	2%	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>			<b>0.356</b>	<b>0.644</b>	<b>1.000</b>

Fuente:

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{Cemento}} = \frac{374.77}{374.77} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{205}{374.77} = 0.55$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{808.83}{374.77} = 2.16$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{900.93}{374.77} = 2.40$$

**h) Corrección por humedad y absorción**

La corrección por humedad y absorción de la piedra y la arena modifica la cantidad de agua previsto en estado seco, ésta puede aumentar o disminuir.

*Cuadro explicativo 29 Corrección por humedad de agregados, peso unitario y volumen en obra f'c=210 kg/cm2.*

Descripción	Cálculo en obra			
	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie3)
	WO	WUO		
<b>Cemento</b>	374.77	1.00	42.50	1.00
<b>Agua</b>	210.42	0.56	23.80	23.80
<b>Arena</b>	815.23	2.18	92.65	1.98
<b>Piedra</b>	905.58	2.42	102.85	2.25
<b>Aire</b>	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>6.16</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso del cemento en obra es el mismo, no varía

Peso del cemento=374.77 kg

La cantidad de agua final está dada por la siguiente fórmula:

$$Acorreg = Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abspied)}{100} \right]$$

$$Acorreg = 205 - \left[ 808.83 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 900.93 x \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.42$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg = Peso seco arena en kg x (1 + humedad de arena en %)*

$$Peso húmedo arena en kg = 808.83 (1 + 0.0079) = 815.23$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= Peso seco piedra en kg x (1 + humedad de piedra en %)$$

$$Peso húmedo piedra en kg = 900.93 x (1 + 0.0052) = 905.58$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{cemento} = \frac{374.77}{374.77} = 1$$

$$WUO_{agua} = \frac{210.42}{374.77} = 0.56$$

$$WUO_{arena} = \frac{815.23}{374.77} = 2.18$$

$$WUO_{piedra} = \frac{905.58}{374.77} = 2.42$$

Peso unitario en obra por bolsa de cemento (WUO x 42.5)

En obra, para las tandas de concreto normalmente se referencia con la bolsa de cemento cuyo peso es 42.5 kg, por lo cual hacemos el siguiente cálculo:

$$WUO_{cemento} x 42.5 = 1 x 42.5 = 42.5$$

$$WUO_{agua} x 42.5 = 0.56 x 42.5 = 23.80$$

$$WUO_{arena} x 42.5 = 2.18 x 42.5 = 92.65$$

$$WUOpiedra \times 42.5 = 2.42 \times 42.5 = 102.85$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

$$1 \text{ bolsa de cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

En el caso del agua, es manejable la unidad con la que estamos trabajando, 23.80 lit/bols.

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la arena

$$\frac{WUOarena \times 42.5}{PUSarena} \times 35.31 = \frac{92.65}{1648.46} \times 35.31 = 1.98 \text{ pie}^3$$

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la arena

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{102.85}{1615.57} \times 35.31 = 2.25 \text{ pie}^3$$

La dosificación, es:

**Cuadro explicativo 30 Dosificación para diseño de mezclas inicial f'c=210 kg/cm2**

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	1.98	2.25	23.80 Lit / bols	0.56

Fuente: Elaboración propia

**i) Mezcla de prueba**

Este diseño de mezclas es una aproximación de las cantidades de cada componente a considerar en la elaboración del concreto, es por ello que es necesario realizar las mezclas de prueba. Para la mezcla de prueba, debemos hacer los siguientes cálculos:

**Cuadro explicativo 31 Cálculo de mezcla de prueba inicial f'c=210 kg/cm2**

Descripción	Cantidad	Unidad
N° de briquetas	4.00	
Peso de cada briqueta	4.90	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60	kg
<b>Factor F = Wtb/WUO</b>	<b>3.18</b>	

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró 04 briquetas de prueba y se consideró un peso aproximado de 4.90 kg por cada uno, haciendo un peso total de 19.60 kg.

Se trabaja con un factor F, que es igual a:

$$F = \frac{\text{peso total de briquetas}}{\text{peso unitario en obra total}} = \frac{19.60}{6.16} = 3.18$$

Entonces la mezcla de prueba resulta:

*Cuadro explicativo 32 Cantidades de componentes para mezcla de prueba*

Descripción	Mezcla de prueba WUO*F
<b>Cemento</b>	3.18
<b>Agua</b>	1.78
<b>Arena</b>	6.93
<b>Piedra</b>	7.70
<b>Aire</b>	-

Fuente: Elaboración propia

$$WUO_{\text{cemento}} \times F = 1 \times 3.18 = 3.18$$

$$WUO_{\text{agua}} \times F = 0.56 \times 3.18 = 1.78$$

$$WUO_{\text{arena}} \times F = 2.18 \times 3.18 = 6.93$$

$$WUO_{\text{piedra}} \times F = 2.42 \times 3.18 = 7.70$$

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B9

#### **4.2.2.10 Corrección de diseño de mezclas inicial f'c=210 kg/cm2 – huso 67 por asentamiento y densidad.**

Después de elaborar las briquetas de prueba se observó que la cantidad de agua de diseño excede al necesario para lograr un asentamiento de 3” a 4”, lo que obligó a replantear el diseño de mezclas, modificando la cantidad de agua de diseño.

**Cuadro explicativo 33 Cálculo en seco del diseño inicial de f'c=210 kg/cm2-huso67**

Descripción	Cálculo en seco	
	Peso seco	Peso unitario seco
	WS (kg)	WUS
<b>Cemento</b>	374.77	1.00
<b>Agua</b>	205.00	0.55
<b>Arena</b>	808.83	2.16
<b>Piedra</b>	900.93	2.40
<b>TOTAL</b>	<b>2289.53</b>	

Fuente: Elaboración propia

La densidad teórica del concreto es de 2289.53 kg/m3, de acuerdo al cuadro anterior.

Según el cálculo del diseño de mezclas inicial se tiene lo siguiente

**Cuadro explicativo 34 Medidas de los componentes de mezcla de prueba inicial de f'c=140 kg/cm2-huso 67**

Descripción	Cálculo en obra	Mezcla de prueba
	Peso en obra	WUO*F
	WO	
<b>Cemento</b>	374.77	3.18
<b>Agua</b>	210.42	1.78
<b>Arena</b>	815.23	6.93
<b>Piedra</b>	905.58	7.70
<b>TOTAL</b>	<b>2306.00</b>	

Fuente: Elaboración propia

Después de elaborar la mezcla de prueba sobró 0.14 lit de agua para un asentamiento de 3” a 4”.

La densidad real medida después de la elaboración de la mezcla de prueba es 2372 kg/m3

$$\text{Rendimiento de la mezcla} = \frac{3.18 + 1.78 - 0.14 + 6.93 + 7.70}{2372.79} = 0.0082 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua corregida} = \frac{1.78 + 0.04 + 0.01 - 0.14}{0.0082} = 206.10 \text{ lit}$$

$$\text{cemento corregido} = \frac{206.10}{0.55} = 374.73 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{7.70}{0.0082} = 939.02 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{939.02}{1.0052} = 934.20 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra saturada corregida} = 934.20 \times 1.0066 = 940.35 \text{ kg}$$

$$\text{Arena saturada corregida} = 2372.79 - 206.10 - 374.73 - 940.35 = 851.61 \text{ kg}$$

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{851.61}{1.013} = 840.66 \text{ kg}$$

Entonces las proporciones corregidas por asentamiento y densidad son:

***Cuadro explicativo 35 Dosificación en seco de diseño de mezclas inicial corregido de f'c=210 kg/cm2 – huso 67***

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
<b>374.73</b>	206.1	840.66	934.2
<b>1</b>	0.55	2.24	2.49

Fuente: Elaboración propia

***Cuadro explicativo 36 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas inicial corregido de f'c=210 kg/cm2 – huso 67***

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
<b>374.73</b>	211.73	847.31	939.02
<b>1</b>	0.57	2.26	2.51

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B10

#### **4.2.2.11 Diseño de mezclas final para concretos f'c= 210 kg/cm2 – huso 67**

Los pasos a seguir en el diseño de mezclas son los mismos que se mostraron en el diseño de mezclas inicial f'c=210 kg/cm2, con la diferencia de que la resistencia requerida se obtiene mediante fórmulas que consideran la desviación estándar obtenida a partir ensayos de

compresión simple hechos a testigos cilíndricos que se elaboraron con el diseño de mezclas inicial.

Los ensayos de compresión simple que se realizaron para la obtención de la desviación estándar, se muestran en el ANEXO A3

Con el valor de la desviación estándar  $S_s=13.18$  se determina la resistencia requerida.

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, como la resistencia especificada del diseño de mezclas es  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y éste es menor a 350 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se utiliza las fórmulas (1) y (2), de las cuales seleccionaremos el mayor valor resultante.

$$f'cr = f'c + 1.34 S_s = 210 + 1.34 \times 13.18 = 227.66$$

$$f'cr = f'c + 2.33 S_s - 35 = 210 + 2.33 \times 13.18 - 35 = 205.71$$

El mayor valor resultante de la resistencia requerida es 227.66 Kg/cm<sup>2</sup>

**i) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 205 lit/m<sup>3</sup>

**j) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 2%

**k) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'cr$	a/c
250	0.61
227.66	x
200	0.69

$$\frac{227.66 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.69}{0.61 - 0.69}$$

$$x = 0.646$$

**l) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.646} = 317.34 \text{ kg}$$

**m) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{317.34}{2850} = 0.111$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.111 + 0.205 + 0.020 = 0.336$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.336 = 0.664$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.664 \times 48\% = 0.319$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.664 \times 52\% = 0.345$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.319 = 835.00$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2689.35 \times 0.345 = 927.83$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{Cemento}} = \frac{317.34}{317.34} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{205}{317.34} = 0.65$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{855.95}{317.34} = 2.63$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{954.72}{317.34} = 2.92$$

**n) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(Hum_{\text{aren}} - abs_{\text{aren}})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(Hum_{\text{pied}} - abs_{\text{pied}})}{100} \right]$$

$$A_{\text{correg}} = 205 - \left[ 835.00 * \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 927.83 * \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.59$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 835.00 \times (1 + 0.0079) = 841.61$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 927.83 \times (1 + 0.0052) = 932.62$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{Cemento}} = \frac{317.34}{317.34} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{210.59}{317.34} = 0.66$$

$$WUOarena = \frac{841.61}{317.34} = 2.65$$

$$WUOpiedra = \frac{932.62}{317.34} = 2.94$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 28.05 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUOarena \times 42.5}{PUSarena} \times 35.31 = \frac{112.63}{1648.46} \times 35.31 = 2.41 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{124.95}{1615.57} \times 35.31 = 2.73 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 37 Dosificación de diseño de mezcla final f'c=210 kg/cm2 huso 67**

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
1.00	2.41	2.73	28.05 Lit / bols	0.66

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B11

#### **4.2.2.12 Corrección de diseño de mezclas final f'c= 210 kg/cm2 por asentamiento y densidad (testigos cilíndricos 4''x8'')**

##### **a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.146 lit

##### **b) Peso del próctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

##### **c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.602 kg.

**d) Volumen del proctor**

$$\text{Vol proctor} = 0.002124$$

**e) Densidad teórica**

$$\text{Densidad teorica} = 2285.17 \text{ kg/m}^3$$

**f) Densidad real**

$$\text{Densidad real} = \frac{\text{peso concreto más próctor} - \text{peso del próctor}}{\text{volumen del próctor}}$$

$$\text{Densidad real} = \frac{11.602 - 6.5602}{0.002124} = 2373.73 \text{ kg/m}^3$$

**g) Rendimiento**

$$\text{Rendimiento} = \frac{2.70 + 1.78 + 7.16 + 7.94 - 0.146}{2373.73} = 0.00819$$

**h) Agua corregida**

$$\text{Agua corregida} = \frac{1.78 + 0.036 + 0.011 - 0.146}{0.00824} = 205.25 \text{ lit}$$

**i) Cemento corregido**

$$\text{cemento corregido} = \frac{205.25}{0.65} = 315.77 \text{ kg}$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{7.94}{0.00819} = 969.47 \text{ kg}$$

**k) Piedra seca corregida**

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{969.47}{1.0052} = 964.49 \text{ kg}$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$\text{Piedra saturada corregida} = 964.49 \times 1.0066 = 970.84 \text{ kg}$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} \text{Arena saturada corregida} &= 2373.73 - 205.25 - 315.77 - 970.84 \\ &= 881.87 \text{ kg} \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{881.87}{1.013} = 870.53 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 38 Dosificación en seco de diseño de mezclas final  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> huso 67**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
<b>315.77</b>	205.25	870.53	964.49
<b>1</b>	0.65	2.76	3.05

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 39 Dosificación húmeda de diseño de mezclas final  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
<b>315.77</b>	211.08	877.42	969.47
<b>1</b>	0.67	2.78	3.07

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B12

**4.2.2.13 Diseño de mezclas inicial para concretos  $f^c= 280$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 67 (muestras cilíndricas de 4”x8”)**

Se siguió los siguientes pasos para el diseño de mezclas mediante el método del agregado global para  $f^c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 18, se trabaja con un asentamiento de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 19, como la resistencia especificada es  $f^c=280$  kg/cm<sup>2</sup> y éste está entre 210 y 350 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se utiliza  $f^c_r = f^c + 85$

$$F^c_r = 280 + 85 = 365 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Para lo cual es necesario conocer el asentamiento, que en este caso es 3” a 4”, así como el tamaño máximo nominal del agregado grueso, que en este caso es 3/4”.

De acuerdo a la tabla 20, la cantidad de agua para diseño es de 205 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

Para la determinación del aire atrapado se considera el tamaño máximo nominal de la piedra.

De acuerdo a la tabla 21, el aire atrapado es de 2%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

Para la selección de la relación agua/cemento, se necesita la resistencia requerida  $f'cr$ , que para este diseño de mezclas es  $f'cr=365$  kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo a la tabla 22, se observa que  $f'cr=365$  kg/cm<sup>2</sup>, es un valor que está entre 350 kg/cm<sup>2</sup> y 400 kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual es necesario realizar una interpolación, en la que resulta 0.455.

$f'cr$	a/c
400	0.42
365	x
350	0.47

$$\frac{365 - 350}{400 - 350} = \frac{x - 0.47}{0.42 - 0.47}$$

$$x = 0.455$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.455} = 450.55 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

Para hallar la cantidad de arena y piedra, es necesario tomar en consideración si el concreto a diseñar es convencional o requerirá de algún aditivo, más para esta investigación sólo es convencional, por lo que sus componentes son el cemento, agua, arena, piedra y aire.

*Cuadro explicativo 40 Cantidad de arena y piedra f’c=280 kg/cm2*

Descripción	Cálculo en seco				
	Peso seco	Peso específico	Volumen		Peso unitario seco
			Volumen existente	Distrib. de volum. faltante	
	WS (kg)	Pe (kg/m3)	V (m3)	(m3)	WUS
Cemento	450.55	2850.00	0.158		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.45
Arena	x	2617.57		0.296	1.72
Piedra	y	2689.35		0.321	1.92
Aire	0.02	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>			<b>0.383</b>	<b>0.617</b>	
			<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso seco del cemento se conoce, como también la cantidad de agua y el porcentaje de aire, las cuales ocupan un volumen. En el caso de la arena y la piedra son incógnitas, “x” e “y” respectivamente.

Los pesos específicos de los componentes son conocidos, por lo que se puede conocer el volumen del cemento, del agua y del aire, de la siguiente forma:

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{450.55}{2850} = 0.158$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{aire} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{parcial} = 0.158 + 0.205 + 0.020 = 0.383$$

El volumen faltante, es:

$$V_{faltante} = 1 - 0.383 = 0.617$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{arena} = 0.617 \times 48\% = 0.296$$

$$V_{piedra} = 0.617 \times 52\% = 0.321$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$peso\ seco = peso\ específico \times volumen$$

$$x = peso\ seco\ arena = 2617.57 \times 0.296 = 774.80$$

$$y = peso\ seco\ piedra = 2689.35 \times 0.321 = 863.28$$

**Cuadro explicativo 41 Calculo de volúmenes y peso unitario seco**

Descripción	Cálculo en seco				
	Peso seco	Peso específico	Volumen		Peso unitario seco
			Volumen existente	Distrib. de volum. faltante	
	WS (kg)	Pe (kg/m3)	V (m3)	(m3)	WUS
Cemento	450.55	2850.00	0.158		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.45
Arena	774.80	2617.57		0.296	1.72
Piedra	863.28	2689.35		0.321	1.92
Aire	2%	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>			<b>0.383</b>	<b>0.617</b>	
			<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{450.55}{450.55} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{205}{450.55} = 0.45$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{774.80}{450.55} = 1.72$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{863.28}{450.55} = 1.92$$

**h) Corrección por humedad y absorción**

La corrección por humedad y absorción de la piedra y la arena modifica la cantidad de agua previsto en estado seco, ésta puede aumentar o disminuir.

*Cuadro explicativo 42 Corrección por humedad de agregados, peso unitario y volumen en obra f’c=280 kg/cm2.*

Descripción	Cálculo en obra			
	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie3)
	WO	WUO		
Cemento	450.55	1.00	42.50	1.00
Agua	210.16	0.47	19.98	19.98
Arena	780.92	1.73	73.53	1.58
Piedra	867.77	1.93	82.03	1.79
Aire	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>5.13</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso del cemento en obra es el mismo, no varía

Peso del cemento=450.55 kg.

La cantidad de agua final está dada por la siguiente fórmula:

$$Acorreg = Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abs pied)}{100} \right]$$
$$Acorreg = 205 - \left[ 774.80 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 863.28 x \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.16 \text{ lit}$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 774.80 \times (1 + 0.0079) = 780.92 \text{ kg.}$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 863.28 \times (1 + 0.0052) = 867.77 \text{ kg.}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{450.55}{450.55} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{210.16}{450.55} = 0.47$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{780.92}{450.55} = 1.73$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{867.77}{450.55} = 1.93$$

Peso unitario en obra por bolsa de cemento (WUO x 42.5)

En obra, para las tandas de concreto normalmente se referencia con la bolsa de cemento cuyo peso es 42.5 kg, por lo cual hacemos el siguiente cálculo:

$$WUO_{\text{cemento}} \times 42.5 = 1 \times 42.5 = 42.5$$

$$WUO_{\text{agua}} \times 42.5 = 0.47 \times 42.5 = 19.98$$

$$WUO_{arena} \times 42.5 = 1.73 \times 42.5 = 73.53$$

$$WUOpiedra \times 42.5 = 1.93 \times 42.5 = 82.03$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

$$1 \text{ bolsa de cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se está trabajando, 19.98 lit

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la arena

$$\frac{WUO_{arena} \times 42.5}{PUS_{arena}} \times 35.31 = \frac{73.53}{1648.46} \times 35.31 = 1.58 \text{ pie}^3$$

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUS_{piedra}} \times 35.31 = \frac{82.03}{1615.57} \times 35.31 = 1.79 \text{ pie}^3$$

La dosificación, es:

***Cuadro explicativo 43 Dosificación para diseño de mezclas inicial  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$***

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
1.00	1.98	2.25	23.80 Lit / bols	0.56

Fuente: Elaboración propia

### **i) Mezcla de prueba**

El diseño de mezclas es una aproximación de las cantidades de cada componente a considerar en la elaboración del concreto, es por ello que es necesario realizar las mezclas de prueba.

Para la mezcla de prueba, se debe hacer los siguientes cálculos:

**Cuadro explicativo 44 Cálculo de mezcla de prueba inicial  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
N° de briquetas	4.00	
Peso de cada briqueta	4.90	kg
Peso total de briquetas $W_{tb}=$	19.60	kg
Factor $F = W_{tb}/W_{UO}$	3.82	

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró 04 briquetas de prueba y se consideró un peso aproximado de 4.90 kg por cada uno, haciendo un peso total de 19.60 kg.

Se trabaja con un factor F, que es igual a:

$$F = \frac{\text{peso total de briquetas}}{\text{peso unitario en obra total}} = \frac{19.60}{5.13} = 3.82$$

Entonces la mezcla de prueba resulta:

**Cuadro explicativo 45 Cantidades de componentes para mezcla de prueba**

<b>Descripción</b>	<b>Mezcla de prueba</b>
	<b>WUO*F</b>
Cemento	3.82
Agua	1.80
Arena	6.61
Piedra	7.37
Aire	-

Fuente:

$$WUO_{\text{cemento}} \times F = 1 \times 3.82 = 3.82$$

$$WUO_{\text{agua}} \times F = 0.47 \times 3.82 = 1.80$$

$$WUO_{\text{arena}} \times F = 1.73 \times 3.82 = 6.61$$

$$WUO_{\text{piedra}} \times F = 1.93 \times 3.82 = 7.37$$

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B13

#### **4.2.2.14 Corrección de diseño de mezclas inicial $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup> por asentamiento y densidad (testigos cilíndricos 4” x 8”)**

Después elaborar las briquetas de prueba se observó que la cantidad de agua de diseño excedió al necesario para lograr un asentamiento de 3” a 4”, lo que obligó a replantear el diseño de mezclas, modificando la cantidad de agua de diseño.

*Cuadro explicativo 46 Cálculo en seco del diseño inicial de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>-huso67*

Descripción	Cálculo en seco	
	Peso seco	Peso unitario seco
	WS (kg)	WUS
<b>Cemento</b>	450.55	1.00
<b>Agua</b>	205.00	0.45
<b>Arena</b>	774.80	1.72
<b>Piedra</b>	863.28	1.92
<b>TOTAL</b>	<b>2293.63</b>	

Fuente: Elaboración propia

La densidad teórica del concreto es de 2293.63 kg/m<sup>3</sup>, de acuerdo al cuadro anterior.

Según el cálculo del diseño de mezclas inicial se tiene lo siguiente

*Cuadro explicativo 47 Medidas de los componentes de mezcla de prueba inicial de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 67*

Descripción	Cálculo en obra	Mezcla de prueba
	Peso en obra	WUO*F Para 19.60 kg
	WO	
Cemento	450.55	3.82
Agua	210.16	1.80
Arena	780.92	6.61
Piedra	867.77	7.37
<b>TOTAL</b>	<b>2309.40</b>	

Fuente:Elaboración propia

Al preparar la mezcla de prueba faltó 0.10 lit de agua para un asentamiento de 3” a 4”.

La densidad real medida después de la elaboración de la mezcla de prueba es 2357.72 kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Rendimiento de la mezcla} = \frac{3.82 + 1.80 + 0.30 + 6.61 + 7.37}{2357.72} = 0.00836 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua corregida} = \frac{1.80 + 0.03 + 0.01 + 0.30}{0.00836} = 232.06 \text{ lit}$$

$$\text{cemento corregido} = \frac{232.06}{0.45} = 515.69 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{7.37}{0.00836} = 881.58 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{881.58}{1.0052} = 877.02 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra saturada corregida} = 877.02 \times 1.0066 = 882.81 \text{ kg}$$

$$\text{Arena saturada corregida} = 2357.72 - 232.06 - 515.69 - 882.81 = 727.16 \text{ kg}$$

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{727.16}{1.013} = 717.83 \text{ kg}$$

Entonces las proporciones corregidas por asentamiento y densidad son:

***Cuadro explicativo 48 Dosificación en seco de diseño de mezclas inicial corregido de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> – huso 67***

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
515.69	232.06	717.83	877.02
1	0.45	1.39	1.7

Fuente: Elaboración propia

***Cuadro explicativo 49 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas inicial corregido de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> – huso 67***

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
515.69	236.95	723.5	881.58
1	0.46	1.4	1.71

Fuente: elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B14

#### **4.2.2.15 Diseño de mezclas final para concretos $f'c= 280$ kg/cm<sup>2</sup> (testigos cilíndricos 4” x 8”)**

Los pasos a seguir en el diseño de mezclas son los mismos que se mostraron en el diseño de mezclas inicial, con la diferencia de que la resistencia requerida se obtiene mediante fórmulas que consideran la desviación estándar obtenida a partir ensayos de compresión simple hechos a testigos cilíndricos que se elaboraron con el diseño de mezclas inicial corregido.

Los ensayos de compresión simple que se realizaron para la obtención de la desviación estándar se muestran en el ANEXO A4

La desviación estándar es  $S_s=13.55$ , con este valor se determina la resistencia requerida para el diseño de mezclas final.

##### **a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

##### **b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, como la resistencia especificada del diseño de mezclas es  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> y éste es menor a 350 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se utiliza las fórmulas (1) y (2), de las cuales seleccionaremos el mayor valor resultante.

$$f'cr = f'c + 1.34 S_s = 280 + 1.34 \times 13.55 = 298.16$$

$$f'cr = f'c + 2.33 S_s - 35 = 280 + 2.33 \times 13.55 - 35 = 276.57$$

El mayor valor resultante de la resistencia requerida es 298.16 Kg/cm<sup>2</sup>

##### **o) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 205 lit/m<sup>3</sup>

##### **p) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 2%.

##### **q) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

---

$f'cr$	$a/c$
350	0.47
298.16	x
300	0.54

$$\frac{298.16 - 300}{350 - 300} = \frac{x - 0.54}{0.47 - 0.54}$$

$$x = 0.543$$

**r) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.543} = 377.53 \text{ kg}$$

**s) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{377.53}{2850} = 0.132$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.132 + 0.205 + 0.020 = 0.357$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.357 = 0.643$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.643 \times 48\% = 0.309$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.643 \times 52\% = 0.334$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.309 = 808.83$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2689.35 \times 0.334 = 898.24$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{377.53}{377.53} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{205}{377.53} = 0.54$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{808.83}{377.53} = 2.14$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{898.24}{377.53} = 2.38$$

**t) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(\text{Humaren} - \text{absaren})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(\text{Humpied} - \text{abspied})}{100} \right]$$

$$A_{\text{correg}} = 205 - \left[ 808.83 \times \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 898.24 \times \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.38$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo arena en kg}$$

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 808.83 \times (1 + 0.0079) = 815.22$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo piedra en kg}$$

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 898.24 \times (1 + 0.0052) = 902.91$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{cemento} = \frac{377.53}{377.53} = 1$$

$$WUO_{agua} = \frac{210.38}{377.53} = 0.56$$

$$WUO_{arena} = \frac{815.22}{377.53} = 2.16$$

$$WUO_{piedra} = \frac{902.91}{377.53} = 2.39$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 23.80 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{arena} \times 42.5}{PUS_{arena}} \times 35.31 = \frac{91.80}{1648.46} \times 35.31 = 1.97 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{piedra} \times 42.5}{PUS_{piedra}} \times 35.31 = \frac{101.58}{1615.57} \times 35.31 = 2.22 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 50 Dosificación de diseño de mezclas final f'c=280 kg/cm2 huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>
1.00	1.97	2.22	23.80	Lit / bols	0.56

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B15

---

**4.2.2.16 Corrección de diseño de mezclas final  $f'c= 280$  kg/cm<sup>2</sup> por asentamiento y densidad (testigos cilíndricos 4''x8'')**

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.09 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.592 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proctor = 0.002124

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2289.60 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.592 - 6.5602}{0.002124} = 2369.02\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{3.21 + 1.80 + 6.93 + 7.67 - 0.09}{2369.02} = 0.00824$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{1.80 + 0.035 + 0.011 - 0.18}{0.00824} = 213.11\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{213.11}{0.54} = 394.65\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra húmeda corregida = \frac{7.67}{0.00824} = 930.83 \text{ kg}$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra seca corregida = \frac{930.83}{1.0052} = 926.01 \text{ kg}$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra saturada corregida = 926.01 \times 1.0066 = 932.12 \text{ kg}$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} Arena saturada corregida &= 2369.02 - 213.11 - 394.65 - 932.12 \\ &= 829.14 \text{ kg} \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$Arena seca corregida = \frac{829.14}{1.013} = 818.50 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 51 Dosificación en seco de diseño de mezclas final  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
394.65	213.11	818.5	926.01
1	0.54	2.07	2.35

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 52 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas final  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
394.65	218.58	824.97	930.83
1	0.55	2.09	2.36

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B16

---

#### **4.2.2.17 Diseño de mezclas inicial para concretos $f'c= 350$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 67 (muestras cilíndricas de 4”x8”)**

Se siguió los siguientes pasos para el diseño de mezclas mediante el método del agregado global para  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 18, se trabaja con un asentamiento de 3” a 4”.

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 19, como la resistencia especificada es  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>, se utiliza la siguiente fórmula para la resistencia requerida:  $f'cr= f'c +85$

$$F'cr=350 + 85 = 435 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Para lo cual es necesario conocer el asentamiento, que en este caso es 3” a 4”, así como el tamaño máximo nominal del agregado grueso, que en nuestro caso es 3/4”.

De acuerdo a la tabla 20, la cantidad de agua para diseño es de 205 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

Para la determinación del aire atrapado se considera el tamaño máximo nominal de la piedra.

De acuerdo a la tabla 21, el aire atrapado es de 2%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

Para la selección de la relación agua/cemento, se necesita la resistencia requerida  $f'cr$ , que para este diseño de mezclas es  $f'cr=435$  kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo a la tabla 22, se observa que  $f'cr=435$  kg/cm<sup>2</sup>, es un valor que está entre 400 kg/cm<sup>2</sup> y 450 kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual es necesario realizar una interpolación, en la que resulta 0.392.

$f'cr$	a/c
450	0.38
435	x
400	0.42

$$\frac{435 - 400}{450 - 400} = \frac{x - 0.42}{0.38 - 0.42}$$

$$x = 0.392$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.392} = 522.96 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

Para hallar la cantidad de arena y piedra, es necesario tomar en consideración si el concreto a diseñar es convencional o requerirá de algún aditivo, más para esta investigación sólo es convencional, por lo que sus componentes son el cemento, agua, arena, piedra y aire.

**Cuadro explicativo 53 Cantidad de arena y piedra**

Descripción	Peso seco  WS (kg)	Peso específico  Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco  WUS
			V (m <sup>3</sup> )		
			volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )	
Cemento	522.96	2850.00	0.183		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.39
Arena	X	2617.57		0.284	1.42
Piedra	Y	2689.35		0.308	1.58
Aire	0.02	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>	<b>2299.67</b>		<b>0.408</b>	<b>0.592</b>	
			<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso seco del cemento se conoce, como también la cantidad de agua y el porcentaje de aire, las cuales ocupan un volumen. Más de la arena y la piedra son incógnitas, “x” e “y” respectivamente.

Los pesos específicos de los componentes son conocidos

Se pueden conocer el volumen del cemento, del agua y del aire, de la siguiente forma:

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{522.96}{2850} = 0.183$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.183 + 0.205 + 0.020 = 0.408$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.408 = 0.592$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{arena} = 0.592 \times 48\% = 0.284$$

$$V_{piedra} = 0.592 \times 52\% = 0.308$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$peso\ seco = peso\ específico \times volumen$$

$$x = peso\ seco\ arena = 2617.57 \times 0.284 = 743.39$$

$$y = peso\ seco\ piedra = 2689.35 \times 0.308 = 828.32$$

**Cuadro explicativo 54 Cálculo de peso unitario seco**

Descripción	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m3)	Volumen		Peso unitario seco WUS
			V (m3)		
			volumen existente V (m3)	Distrib. de volum. faltante (m3)	
Cemento	522.96	2850.00	0.183		1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.39
Arena	743.39	2617.57		0.284	1.42
Piedra	828.32	2689.35		0.308	1.58
Aire	0.02	-	0.020		-
<b>TOTAL</b>	<b>2299.67</b>		<b>0.408</b>	<b>0.592</b>	
			<b>1.000</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{cemento} = \frac{522.96}{522.96} = 1$$

$$WUS_{agua} = \frac{205}{522.96} = 0.39$$

$$WU_{arena} = \frac{743.39}{522.96} = 1.42$$

$$WUS_{piedra} = \frac{828.32}{522.96} = 1.58$$

**h) Corrección por humedad y absorción**

La corrección por humedad y absorción de la piedra y la arena modifica la cantidad de agua previsto en estado seco, ésta puede aumentar o disminuir.

*Cuadro explicativo 55 Corrección por humedad y absorción de agregados*

Descripción	Cálculo en obra			
	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)
Cemento	522.96	1.00	42.50	1.00
Agua	209.95	0.40	17.00	17.00
Arena	749.26	1.43	60.78	1.30
Piedra	832.63	1.59	67.58	1.48
Aire	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>4.42</b>		

Fuente: Elaboración propia

El peso del cemento en obra es el mismo, no varía

Peso del cemento=522.96 kg.

La cantidad de agua final está dada por la siguiente fórmula:

$$Acorreg = Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abs pied)}{100} \right]$$

$$Acorreg = 205 - \left[ 743.39 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 828.32 x \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 209.95$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$Peso\ húmedo\ arena\ en\ kg = Peso\ seco\ arena\ en\ kg \times (1 + humedad\ de\ arena\ en\ \%)$$

$$Peso\ húmedo\ arena\ en\ kg = 743.39 (1 + 0.0079) = 749.26$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$Peso\ húmedo\ piedra\ en\ kg = Peso\ seco\ piedra\ en\ kg \times (1 + humedad\ de\ piedra\ en\ \%)$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 828.32 \times (1 + 0.0052) = 832.63$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{522.96}{522.96} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{209.95}{522.96} = 0.40$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{749.26}{522.96} = 1.43$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{832.63}{522.96} = 1.59$$

Peso unitario en obra por bolsa de cemento ( $WUO \times 42.5$ )

En obra, para las tandas de concreto normalmente se referencia con la bolsa de cemento cuyo peso es 42.5 kg, por lo cual hacemos el siguiente cálculo:

$$WUO_{\text{cemento}} \times 42.5 = 1 \times 42.5 = 42.5 \text{ kg}$$

$$WUO_{\text{agua}} \times 42.5 = 0.40 \times 42.5 = 17 \text{ lit}$$

$$WUO_{\text{arena}} \times 42.5 = 1.43 \times 42.5 = 60.78 \text{ kg}$$

$$WUO_{\text{piedra}} \times 42.5 = 1.59 \times 42.5 = 67.58 \text{ kg}$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

$$1 \text{ bolsa de cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se está trabajando, 17 lit

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la arena

$$\frac{WUO_{\text{arena}} \times 42.5}{PUS_{\text{arena}}} \times 35.31 = \frac{60.78}{1648.46} \times 35.31 = 1.30 \text{ pie}^3$$

El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra, es:

$$\frac{WUO_{\text{piedra}} \times 42.5}{PUS_{\text{piedra}}} \times 35.31 = \frac{67.58}{1615.57} \times 35.31 = 1.48 \text{ pie}^3$$

La dosificación, es:

*Cuadro explicativo 56 Dosificación de diseño de mezclas inicial de f'c=175 kg/cm2-huso 67*

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	<b>1.30</b>	<b>1.48</b>	<b>17.00</b>	<b>lit/bols 0.40</b>

Fuente: Elaboración propia

**i) Mezcla de prueba**

El diseño de mezclas es una aproximación de las cantidades de cada componente a considerar en la elaboración del concreto, es por ello que es necesario realizar las mezclas de prueba.

Para la mezcla de prueba, debemos hacer los siguientes cálculos:

*Cuadro explicativo 57 Cálculo para mezcla de prueba*

Descripción	Cantidad	Unidad
N° de briquetas	4.00	
Peso de cada briqueta	4.90	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60	kg
Factor F = Wtb/WUO	4.43	

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró 04 briquetas de prueba y se consideró un peso aproximado de 4.90 kg por cada uno, haciendo un peso total de 19.60 kg.

Se trabaja con un factor F, que es igual a:

$$F = \frac{\text{peso total de briquetas}}{\text{peso unitario en obra total}} = \frac{19.60}{4.42} = 4.43$$

Entonces la mezcla de prueba resulta:

**Cuadro explicativo 58 Cantidades de componentes para mezcla de prueba  $f'c=175$   
kg/cm<sup>2</sup>**

Descripción	Mezcla de prueba
	WUO*F
Cemento	4.43
Agua	1.77
Arena	6.33
Piedra	7.04
Aire	-

$$WUOcemento \times F = 1 \times 4.43 = 4.43$$

$$WUOagua \times F = 0.40 \times 4.43 = 1.77$$

$$WUOarena \times F = 1.43 \times 4.43 = 6.33$$

$$WUOpiedra \times F = 1.59 \times 4.43 = 7.04$$

Se muestra un cuadro resumen en el ANEXO B17

#### **4.2.2.18 Corrección de diseño de mezclas inicial $f'c=350$ – huso 67 kg/cm<sup>2</sup> por asentamiento y densidad**

Después elaborar las briquetas de prueba se observó que la cantidad de agua de diseño fue insuficiente para lograr un asentamiento de 3” a 4”, lo que obligó a replantear el diseño de mezclas, modificando la cantidad de agua de diseño.

**Cuadro explicativo 59 Cálculo en seco del diseño inicial de  
 $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>-huso67**

Descripción	Cálculo en seco	
	Peso seco	Peso unitario seco
	WS (kg)	WUS
Cemento	522.96	1.00
Agua	205.00	0.39
Arena	743.39	1.42
Piedra	828.32	1.58
<b>TOTAL</b>	<b>2299.67</b>	

Fuente: Elaboración propia

La densidad teórica del concreto es de 2299.67 kg/m<sup>3</sup>, de acuerdo al cuadro anterior.

Según el cálculo del diseño de mezclas inicial se tiene lo siguiente

*Cuadro explicativo 60 Medidas de los componentes de mezcla de prueba inicial de  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 67*

Descripción	Cálculo en obra	Mezcla de prueba
	Peso en obra	WUO*F
	<b>WO</b>	
Cemento	522.96	4.43
Agua	209.95	1.77
Arena	749.26	6.33
Piedra	832.63	7.04
<b>TOTAL</b>	<b>2314.80</b>	

Fuente: Elaboración propia

Al preparar la mezcla de prueba faltó 0.109 lit de agua para un asentamiento de 3” a 4”.

La densidad real medida después de la elaboración de la mezcla de prueba es 2347.83 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Rendimiento de la mezcla} = \frac{4.43 + 1.77 + 0.143 + 6.33 + 7.04}{2347.83} = 0.00838 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua corregida} = \frac{1.77 + 0.03 + 0.01 + 0.143}{0.00838} = 229 \text{ lit}$$

$$\text{cemento corregido} = \frac{229}{0.39} = 587.18 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{7.04}{0.00838} = 840.1 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{840.1}{1.0052} = 835.75 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra saturada corregida} = 835.75 \times 1.0066 = 841.27 \text{ kg}$$

$$\text{Arena saturada corregida} = 2347.83 - 229 - 587.18 - 841.27 = 690.38 \text{ kg}$$

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{690.38}{1.013} = 681.52 \text{ kg}$$

Entonces las proporciones corregidas por asentamiento y densidad son:

*Cuadro explicativo 61 Dosificación en seco de diseño de  
mezclas inicial corregido de  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup> – huso 67*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
587.18	229	681.52	835.75
1	0.39	1.16	1.42

Fuente: Elaboración propia

*Cuadro explicativo 62 Dosificación en húmedo de diseño de  
mezclas inicial corregido de  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup> – huso 67*

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
587.18	233.65	686.9	840.1
1.00	0.40	1.17	1.43

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B18

#### **4.2.2.19 Diseño de mezclas final para concretos $f'c= 350$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 67**

Los pasos a seguir en el diseño de mezclas son los mismos que se mostraron en el diseño de mezclas inicial  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>, con la diferencia de que la resistencia requerida se obtiene mediante fórmulas que consideran la desviación estándar obtenida a partir ensayos de compresión simple hechos a testigos cilíndricos que se elaboraron con el diseño de mezclas inicial.

Los resultados de los ensayos de compresión simple para la desviación estándar se muestran en el ANEXO A5

La desviación estándar es  $S_s=29.46$ , con cuyo dato se determina la resistencia requerida para el diseño de mezclas final.

##### **a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

##### **b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, como la resistencia especificada del diseño de mezclas es  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> y éste es igual a 350 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se utiliza las fórmulas (1) y (2), de las cuales seleccionaremos el mayor valor resultante.

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 S_s = 350 + 1.34 \times 29.46 = 389.48$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 S_s - 35 = 350 + 2.33 \times 29.46 - 35 = 383.64$$

El mayor valor resultante de la resistencia requerida es 389.48 Kg/cm<sup>2</sup>

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 205 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 2%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'_{cr}$	a/c
400	0.42
389.48	x
350	0.47

$$\frac{389.48 - 350}{400 - 350} = \frac{x - 0.47}{0.42 - 0.47}$$

$$x = 0.431$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{205}{0.431} = 475.64 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{475.64}{2850} = 0.167$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{205}{1000} = 0.205$$

$$V_{\text{aire}} = 2\% = 0.020$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.167 + 0.205 + 0.020 = 0.392$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.392 = 0.608$$

El volumen faltante se distribuye en el 52% para la piedra y el 48% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.608 \times 48\% = 0.292$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.608 \times 52\% = 0.316$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.292 = 764.33$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2689.35 \times 0.316 = 849.83$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WU_{\text{Cemento}} = \frac{475.64}{475.64} = 1$$

$$WU_{\text{agua}} = \frac{205}{475.64} = 0.43$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{764.33}{475.64} = 1.61$$

$$WU_{\text{piedra}} = \frac{849.83}{475.64} = 1.79$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(H_{\text{umarena}} - \text{absarena})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(H_{\text{umpied}} - \text{abspied})}{100} \right]$$

$$Acorreg = 205 - \left[ 764.33 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 849.83 x \frac{(0.52 - 0.66)}{100} \right] = 210.09$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 764.33 \times (1 + 0.0079) = 770.37$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 849.83 \times (1 + 0.0052) = 854.25$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{475.64}{475.64} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{210.09}{475.64} = 0.44$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{770.37}{475.64} = 1.62$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{854.25}{475.64} = 1.80$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 18.70 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{\text{arena}} \times 42.5}{PUS_{\text{arena}}} \times 35.31 = \frac{68.85}{1648.46} \times 35.31 = 1.47 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{76.50}{1615.57} \times 35.31 = 1.67 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 63 Dosificación del diseño de mezclas final de f'c=350 kg/cm2 huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>a/c</b>
1.00	1.47	1.67	18.70 lit/bols	0.44

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B19

#### **4.2.2.20 Corrección de diseño de mezclas final f'c= 350 kg/cm2– huso 67 por asentamiento y densidad**

Después de elaborado las briquetas de prueba, la cantidad de agua es el correcto para obtener el asentamiento de 3'' a 4'', por lo que no fue necesario la corrección por asentamiento, pero sí por densidad.

**a) Sobra agua**

No sobra ni falta agua 0.00 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.543 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proctor = 0.002124

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2294.80 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad \text{ real} = \frac{\text{peso concreto más próctor} - \text{peso del próctor}}{\text{volumen del próctor}}$$

---

$$\text{Densidad real} = \frac{11.5602 - 6.5602}{0.002124} = 2345.95 \text{ kg/m}^3$$

**g) Rendimiento**

$$\text{Rendimiento} = \frac{4.03 + 1.77 + 6.53 + 7.25 - 0.00}{2345.95} = 0.00835$$

**h) Agua corregida**

$$\text{Agua corregida} = \frac{1.77 + 0.037 + 0.011 - 0.00}{0.00835} = 217.13 \text{ lit}$$

**i) Cemento corregido**

$$\text{cemento corregido} = \frac{217.13}{0.43} = 504.95 \text{ kg}$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{7.25}{0.00835} = 868.26 \text{ kg}$$

**k) Piedra seca corregida**

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{868.26}{1.0052} = 863.77 \text{ kg}$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$\text{Piedra saturada corregida} = 863.77 \times 1.0066 = 869.47 \text{ kg}$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} \text{Arena saturada corregida} &= 2345.95 - 217.13 - 504.95 - 869.47 \\ &= 754.40 \text{ kg} \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{754.40}{1.013} = 744.72 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 64 Dosificación en seco de diseño de mezclas  $f'c= 350$  kg/cm<sup>2</sup> huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
504.95	217.13	744.72	863.77
1	0.43	1.47	1.71

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 65 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas  $f'c= 350$  kg/cm<sup>2</sup> huso 67**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
504.95	222.14	750.6	868.26
1.00	0.44	1.49	1.72

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen se muestra en el anexo B20

#### **4.2.3 Diseño de mezclas para concretos $f'c= 140, 175, 210, 280$ y $350$ kg/cm<sup>2</sup> –huso 8 (testigos cilíndricos de 2” x 4”)**

La investigación consideró la máxima compactación de los agregados, para lo cual se determinó el máximo peso unitario compactado del agregado global mediante la combinación del agregado grueso y fino a diferentes porcentajes.

Para la elaboración de briquetas de 2” x 4” se utilizó agregado grueso de tamaño máximo de 1/2” y tamaño máximo nominal de 3/8” (huso 8), el agregado fino pasante la malla 3/8.

En la investigación se buscó la mejor combinación de agregados por el método de compactación, de tal forma que se logre una mayor densidad del concreto y por consiguiente una mayor resistencia a la compresión.

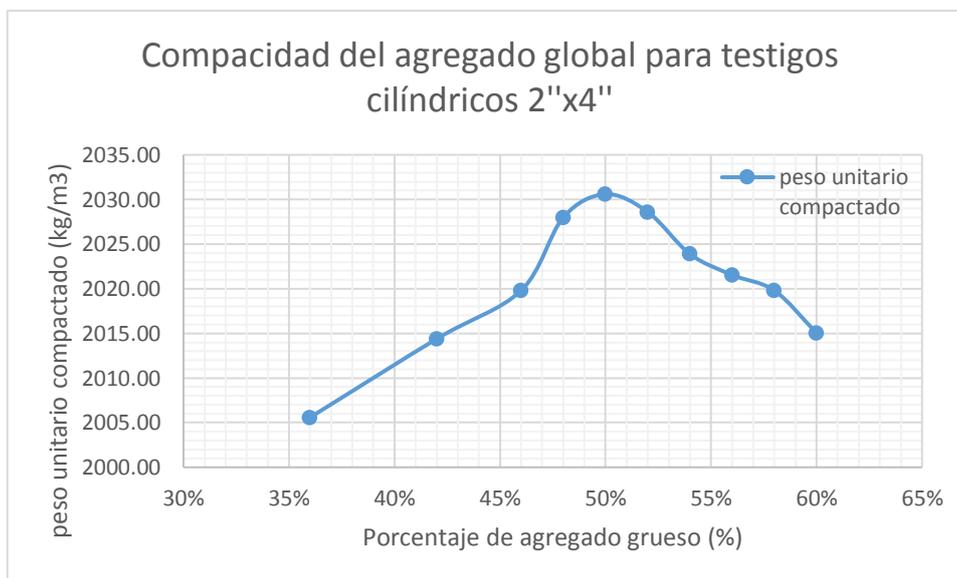
El siguiente cuadro muestra las diferentes combinaciones en porcentaje de agregado grueso y fino.

**Tabla elaborada 26 Combinación de diferentes porcentajes de agregado grueso y fino para la máxima compactación por peso unitario**

Porcentaje de agregado grueso	Porcentaje de agregado fino	Peso del proctor más agregado global (kg)	Peso del próctor sin collarín	Volumen del proctor	Peso de agregado	Peso unitario compactado
36%	64%	10.8199	6.5602	0.002124	4.26	2005.58
42%	58%	10.8386	6.5602	0.002124	4.28	2014.39
46%	54%	10.8501	6.5602	0.002124	4.29	2019.80
48%	52%	10.8675	6.5602	0.002124	4.31	2028.00
50%	50%	10.873	6.5602	0.002124	4.31	2030.59
52%	48%	10.8688	6.5602	0.002124	4.31	2028.61
54%	46%	10.8588	6.5602	0.002124	4.30	2023.90
56%	44%	10.8538	6.5602	0.002124	4.29	2021.55
58%	42%	10.8501	6.5602	0.002124	4.29	2019.80
60%	40%	10.8400	6.5602	0.002124	4.28	2015.05

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 8 Compactación del agregado global para testigos cilíndricos de 2"x4"**



Fuente: Elaboración propia

Del cuadro de compactación se desprende que, la combinación de agregados con el cual se muestra más peso unitario compactado, es del 50% para agregado grueso y 50% para agregado fino.

#### 4.2.3.1 Diseño de mezclas inicial para concreto $f'c=140$ kg/cm<sup>2</sup> –huso 8

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

Para la determinación de la resistencia requerida se utiliza la siguiente tabla 20

como  $f'c < 210$ , entonces :  $f'cr = f'c + 70 = 140 + 70 = 210$  kg/cm<sup>2</sup>

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'cr$	a/c
250	0.61
210	X
200	0.69

$$\frac{210 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.69}{0.61 - 0.69}$$

$$x = 0.674$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.674} = 338.28 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{338.28}{2850} = 0.119$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.119 + 0.228 + 0.030 = 0.377$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.377 = 0.623$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.623 \times 50\% = 0.312$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.623 \times 50\% = 0.312$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.320 = 816.68$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.320 = 825.35$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{338.28}{338.28} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{228}{338.28} = 0.67$$

$$WU_{arena} = \frac{816.68}{338.28} = 2.41$$

$$WU_{piedra} = \frac{825.35}{338.28} = 2.44$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{correg} = A_{diseño} - \left[ P_{secoarena} * \frac{(Hum_{arena} - abs_{arena})}{100} + P_{secopiedra} * \frac{(Hum_{piedra} - abs_{piedra})}{100} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{correg} &= 228 - \left[ 816.68 * \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 825.35 * \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right] \\ &= 235.63 \text{ lit/m}^3 \end{aligned}$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 816.68 \times (1 + 0.0079) = 823.13$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 825.35 \times (1 + 0.0050) = 829.48 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WU_{cemento} = \frac{338.28}{338.28} = 1$$

$$WU_{agua} = \frac{235.63}{338.28} = 0.70$$

$$WU_{arena} = \frac{823.13}{338.28} = 2.43$$

$$WUOpiedra = \frac{829.48}{338.28} = 2.45$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 29.75 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUOarena \times 42.5}{PUSarena} \times 35.31 = \frac{103.28}{1648.46} \times 35.31 = 2.21 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{104.13}{1626.96} \times 35.31 = 2.26 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 66 Dosificación de diseño de mezclas inicial f'c=140 kg/cm2 -huso**

Fuente:

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	<b>2.21</b>	<b>2.26</b>	<b>29.75</b>	<b>lit/bols</b>
			<b>lit/bols</b>	<b>0.70</b>

Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B21

#### **4.2.3.2 Corrección del diseño de mezclas inicial f'c=140 kg/cm2- huso 8**

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.356 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.304 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2208.31 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{\text{peso concreto más próctor} - \text{peso del próctor}}{\text{volumen del próctor}}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.304 - 6.5602}{0.002124} = 2233.43\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{2.96 + 2.07 + 7.19 + 7.25 - 0.356}{2233.43} = 0.00856$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.07 + 0.04 + 0.03 - 0.356}{0.00856} = 208.41\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{208.41}{0.67} = 311.06\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{7.25}{0.00856} = 846.96\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{846.96}{1.0050} = 842.75\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 842.75 \times 1.0092 = 850.50\ kg$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} \text{Arena saturada corregida} &= 2233.43 - 208.41 - 311.06 - 850.05 \\ &= 863.46 \text{ kg} \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{863.46}{1.013} = 852.38 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 67 Dosificación en seco de diseño de mezclas inicial  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 8**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
311.06	208.41	852.38	842.75
1.00	0.67	2.74	2.71

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 68 Dosificación en húmedo del diseño de mezclas inicial  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>- huso 8**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
311.06	216.3	859.11	846.96
1	0.7	2.76	2.72

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B22

#### **4.2.3.3 Diseño de mezclas final para $f'c=140$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

Con el diseño inicial para concretos  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup> se elaboró 30 muestras cilíndricas, las cuales fueron roturadas a compresión simple para la determinación de la desviación estándar, resultado que fue utilizado en este diseño de mezclas.

Los resultados obtenidos de la rotura a compresión simple para desviación estándar de las 30 muestras cilíndricas de 2”x4”, se muestran en el ANEXO A6

La desviación estándar que resultó es 14.28, con este dato se trabajó el diseño de mezclas.

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, se tiene las siguientes fórmulas para determinar la resistencia requerida

$$f_{cr} = f'c + 1.34 * S_s = 140 + 1.34 * 14.28 = 153.27 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = f'c + 2.33 * S_s - 35 = 140 + 2.33 * 14.28 - 35 = 128.07 \text{ kg/cm}^2$$

Se trabajó con el mayor valor obtenido, en este caso 153.27 kg/cm<sup>2</sup>

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'_{cr}$	a/c
200	0.69
153.27	x
150	0.79

$$\frac{153.27 - 150}{200 - 150} = \frac{x - 0.79}{0.69 - 0.79}$$

$$x = 0.783$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.783} = 291.19 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{291.19}{2850} = 0.102$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.102 + 0.228 + 0.030 = 0.360$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.360 = 0.640$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.640 \times 50\% = 0.320$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.640 \times 50\% = 0.320$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.20 \times 0.320 = 837.50$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.320 = 846.51$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{291.19}{291.19} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{228}{291.19} = 0.78$$

$$WU_{arena} = \frac{837.50}{291.19} = 2.88$$

$$WU_{piedra} = \frac{846.50}{291.19} = 2.91$$

**h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{correg} = A_{diseño} - \left[ P_{secoarena} * \frac{(Hum_{aren} - abs_{aren})}{100} + P_{secopiedra} * \frac{(Hum_{pied} - abs_{pied})}{100} \right]$$

$$A_{correg} = 228 - \left[ 837.50 * \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 846.51 * \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right]$$

$$= 235.83 \text{ lit/m}^3$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 837.50 \times (1 + 0.0079) = 844.12$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 846.51 \times (1 + 0.0050) = 850.74 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WU_{Ocemento} = \frac{291.19}{291.19} = 1$$

$$WU_{Oagua} = \frac{235.83}{291.19} = 0.81$$

$$WU_{Oarena} = \frac{844.12}{291.19} = 2.90$$

$$WUOpiedra = \frac{850.74}{291.19} = 2.92$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 34.43 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUOarena \times 42.5}{PUSarena} \times 35.31 = \frac{123.25}{1648.46} \times 35.31 = 2.64 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{124.10}{1626.96} \times 35.31 = 2.69 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 69 Dosificación de diseño de mezclas inicial f’c=140 kg/cm2 –huso 8**

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	<b>2.64</b>	<b>2.69</b>	<b>34.43</b>	<b>lit/bols</b>
			<b>0.81</b>	

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B23

**4.2.3.4 Corrección del diseño de mezclas final para concreto f’c=140 kg/cm2 – huso 8**

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.4 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.477 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2203.20 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{\text{peso concreto más próctor} - \text{peso del próctor}}{\text{volumen del próctor}}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.477 - 6.5602}{0.002124} = 2314.88\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{2.56 + 2.07 + 7.42 + 7.48 - 0.4}{2314.88} = 0.00826$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.07 + 0.038 + 0.031 - 0.356}{0.00826} = 210.53\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{210.53}{0.78} = 269.91\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{7.48}{0.00826} = 905.57\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{905.57}{1.0050} = 901.06\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 901.06 \times 1.0092 = 909.35\ kg$$

**m) Arena saturada corregida**

$$Arena\ saturada\ corregida = 2314.88 - 210.53 - 269.91 - 909.35 = 925.09\ kg$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{925.09}{1.013} = 913.22 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 70 Dosificación de diseño de mezclas final  $f'c= 140 \text{ kg/cm}^2$**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
269.91	210.53	913.22	901.06
1.00	0.78	3.38	3.34

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B24

**4.2.3.5 Diseño de mezclas inicial para concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  – huso 8**

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

Para la determinación de la resistencia requerida se utiliza la siguiente tabla 20

$$\text{como } f'c < 210, \text{ entonces : } f'cr = f'c + 70 = 175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'cr$	a/c
250	0.61

---

245	X
200	0.69

$$\frac{245 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.69}{0.61 - 0.69}$$

$$x = 0.618$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.618} = 368.93 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{368.93}{2850} = 0.129$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.119 + 0.228 + 0.030 = 0.387$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.387 = 0.613$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.613 \times 50\% = 0.307$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.613 \times 50\% = 0.307$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.307 = 803.60$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.307 = 812.12$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WU_{\text{Cemento}} = \frac{368.93}{368.93} = 1$$

$$WU_{\text{Agua}} = \frac{228}{368.93} = 0.62$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{803.60}{368.93} = 2.18$$

$$WU_{\text{piedra}} = \frac{812.12}{368.93} = 2.20$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} A_{\text{correg}} &= A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(H_{\text{umarena}} - \text{absarena})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(H_{\text{umpiedra}} - \text{abspiedra})}{100} \right] \\ A_{\text{correg}} &= 228 - \left[ 803.60 \times \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 812.12 \times \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right] \\ &= 235.51 \text{ lit}/m^3 \end{aligned}$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 803.60 \times (1 + 0.0079) = 809.95$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 812.12 \times (1 + 0.0050) = 816.18 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{cemento} = \frac{368.93}{368.93} = 1$$

$$WUO_{agua} = \frac{235.51}{368.93} = 0.64$$

$$WUO_{arena} = \frac{809.95}{368.93} = 2.20$$

$$WUO_{piedra} = \frac{816.18}{368.93} = 2.21$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 27.20 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{arena} \times 42.5}{PUS_{arena}} \times 35.31 = \frac{93.50}{1648.46} \times 35.31 = 2.00 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{piedra} \times 42.5}{PUS_{piedra}} \times 35.31 = \frac{93.93}{1626.96} \times 35.31 = 2.04 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 71 Dosificación de diseño de mezclas inicial f'c= 175 kg/cm<sup>2</sup> - huso 8**

	1.00	2.00	2.04	27.20	lit/bols	0.64
Fuente:	<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>		<b>Agua</b>	<b>a/c</b>

Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B25

#### 4.2.3.6 Corrección del diseño de mezclas inicial $f'c=175$ kg/cm<sup>2</sup>- huso 8

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.29 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.311 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2212.65 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.311 - 6.5602}{0.002124} = 2236.72\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{3.22 + 2.06 + 7.08 + 7.12 - 0.29}{2236.72} = 0.00858$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.07 + 0.04 + 0.03 - 0.29}{0.00858} = 214.45\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{214.45}{0.62} = 345.89\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{7.12}{0.00858} = 829.84\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{829.84}{1.0050} = 825.71\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 825.71 \times 1.0092 = 833.31\ kg$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} Arena\ saturada\ corregida &= 2236.72 - 214.45 - 345.89 - 833.31 \\ &= 843.07\ kg \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$Arena\ seca\ corregida = \frac{843.07}{1.013} = 832.25\ kg$$

**Cuadro explicativo 72 Dosificación de diseño inicial de mezclas corregido  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 8**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
345.89	214.45	832.25	825.71
1.00	0.62	2.41	2.39

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 73 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas inicial corregido  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 8**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
345.89	222.16	838.82	829.84
1	0.64	2.43	2.4

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B26

#### **4.2.3.7 Diseño de mezclas final para $f'c=175$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

Con el diseño inicial para concretos  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> se elaboró 30 muestras cilíndricas, las cuales fueron roturadas a compresión simple para la determinación de la desviación estándar, resultado que fue utilizado en este diseño de mezclas.

Los resultados obtenidos de la rotura a compresión simple para desviación estándar de las 30 muestras cilíndricas de 2”x4”, se muestran en el ANEXO A7

La desviación estándar que resultó es 22.64, con este dato se trabajó el diseño de mezclas.

##### **a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

##### **b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, se tiene las siguientes fórmulas para determinar la resistencia requerida

$$f_{cr} = f'c + 1.34 * S_s = 175 + 1.34 * 22.64 = 205.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = f'c + 2.33 * S_s - 35 = 175 + 2.33 * 22.64 - 35 = 192.75 \text{ kg/cm}^2$$

Se trabajó con el mayor valor obtenido, en este caso 205.34 kg/cm<sup>2</sup>

##### **c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

##### **d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

##### **e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

---

f'cr	a/c
250	0.61
205.34	x
200	0.69

$$\frac{205.34 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.69}{0.61 - 0.69}$$

$$x = 0.681$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.681} = 334.8 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{334.80}{2850} = 0.117$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.117 + 0.228 + 0.030 = 0.375$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.375 = 0.625$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.625 \times 50\% = 0.313$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.625 \times 50\% = 0.313$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.313 = 819.18$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.313 = 827.99$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{334.80}{334.80} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{228}{334.80} = 0.68$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{819.18}{334.80} = 2.45$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{827.99}{334.80} = 2.47$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(\text{Humarena} - \text{absarena})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(\text{Humpied} - \text{abspied})}{100} \right]$$

$$A_{\text{correg}} = 228 - \left[ 819.18 \times \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 827.99 \times \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right]$$

$$= 235.66 \text{ lit}/m^3$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 819.18 \times (1 + 0.0079) = 825.65$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 827.99 \times (1 + 0.0050) = 832.13 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{334.80}{334.80} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{235.66}{334.80} = 0.70$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{819.18}{334.80} = 2.47$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{827.99}{334.80} = 2.49$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 29.75 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{\text{arena}} \times 42.5}{PUS_{\text{arena}}} \times 35.31 = \frac{104.98}{1648.46} \times 35.31 = 2.25 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{\text{piedra}} \times 42.5}{PUS_{\text{piedra}}} \times 35.31 = \frac{105.83}{1626.96} \times 35.31 = 2.30 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 74 Dosificación de diseño de mezclas final f'c= 175 kg/cm<sup>2</sup>-huso 8**

<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>a/c</b>
1.00	2.25	2.30	29.75 lit/bols	0.70

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B27

---

#### 4.2.3.8 Corrección del diseño de mezclas final para concreto f'c=175 kg/cm2 – huso 8

a) **Sobra agua**

Agua sobrante 0.316 lit

b) **Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

c) **Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.479 kg.

d) **Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m3

e) **Densidad teórica**

Densidad teorica= 2209.97 kg/m3

f) **Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.479 - 6.5602}{0.002124} = 2315.82\ kg/m^3$$

g) **Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{2.93 + 2.05 + 7.24 + 7.30 - 0.316}{2315.82} = 0.00829$$

h) **Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.05 + 0.04 + 0.03 - 0.316}{0.00829} = 217.61\ lit$$

i) **Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{217.61}{0.68} = 320.01\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{7.30}{0.00829} = 880.58\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{880.58}{1.0050} = 876.20\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 876.20 \times 1.0092 = 884.26\ kg$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} Arena\ saturada\ corregida &= 2315.82 - 217.61 - 320.01 - 884.26 \\ &= 893.94\ kg \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$Arena\ seca\ corregida = \frac{893.94}{1.013} = 882.47\ kg$$

**Cuadro explicativo 75 Dosificación en seco de diseño de mezclas final f'c=175 kg/cm2-huso 8**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
320.01	217.61	882.47	876.2
1.00	0.68	2.76	2.74

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 76 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas f'c=175 kg/cm2**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
320.01	225.79	889.44	880.58
1	0.71	2.78	2.75

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B28

#### 4.2.3.9 Diseño de mezclas inicial para concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 8

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

Para la determinación de la resistencia requerida se utiliza la siguiente tabla 20

$$\text{como } f'c < 210, \text{ entonces : } f'cr = f'c + 70 = 210 + 85 = 295 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'cr$	a/c
300	0.54
295	X
250	0.61

$$\frac{295 - 250}{300 - 250} = \frac{x - 0.61}{0.54 - 0.61}$$

$$x = 0.547$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.547} = 416.82 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{416.82}{2850} = 0.146$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.146 + 0.228 + 0.030 = 0.404$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.404 = 0.596$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.596 \times 50\% = 0.298$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.596 \times 50\% = 0.298$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.298 = 780.04$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.298 = 788.31$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{416.82}{416.82} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{228}{416.82} = 0.55$$

$$WU_{arena} = \frac{780.04}{416.82} = 1.87$$

$$WU_{piedra} = \frac{788.31}{416.82} = 1.89$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{correg} = A_{diseño} - \left[ P_{secoarena} * \frac{(Hum_{aren} - abs_{aren})}{100} + P_{secopiedra} * \frac{(Hum_{pied} - abs_{pied})}{100} \right]$$

$$A_{correg} = 228 - \left[ 780.04 * \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 788.31 * \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right]$$

$$= 235.29 \text{ lit/m}^3$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 780.04 \times (1 + 0.0079) = 809.95$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 788.31 \times (1 + 0.0050) = 816.18 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WU_{cemento} = \frac{416.82}{416.82} = 1$$

$$WU_{agua} = \frac{235.29}{416.82} = 0.56$$

$$WU_{arena} = \frac{786.20}{416.82} = 1.89$$

$$WU_{piedra} = \frac{792.25}{416.82} = 1.90$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1pie3
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 23.80 lit
- El volumen de la arena en obra en pies3, es:

$$\frac{WUOarena \times 42.5}{PUSarena} \times 35.31 = \frac{80.33}{1648.46} \times 35.31 = 1.72 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies3 de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUSpiedra} \times 35.31 = \frac{80.75}{1626.96} \times 35.31 = 1.75 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 77 Dosificación de diseño de mezclas inicial f'c=210 kg/cm2-huso 8**

<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>a/c</b>
1.00	1.72	1.75	23.80 lit/bols	0.56

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B29

**4.2.3.10 Corrección del diseño de mezclas inicial f'c=210 kg/cm2- huso 8**

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.23 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.312 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m3

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2213.17 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{\text{peso concreto más próctor} - \text{peso del próctor}}{\text{volumen del próctor}}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.312 - 6.5602}{0.002124} = 2237.19\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{3.64 + 2.04 + 6.88 + 6.92 - 0.23}{2237.19} = 0.0086$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.04 + 0.03 + 0.03 - 0.23}{0.0086} = 217.44\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{217.44}{0.55} = 395.35\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{6.92}{0.0086} = 804.65\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{804.65}{1.0050} = 800.65\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 800.65 \times 1.0092 = 808.02\ kg$$

**m) Arena saturada corregida**

$$Arena\ saturada\ corregida = 2237.19 - 217.44 - 395.35 - 808.02 = 816.38\ kg$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{816.38}{1.013} = 805.90 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 78 Dosificación en seco de diseño de mezclas inicial corregido  
 $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
395.35	217.44	805.9	800.65
1.00	0.55	2.04	2.03

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 79 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas inicial corregido  
 $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ -huso 8**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
395.35	224.91	812.27	804.65
1	0.57	2.05	2.04

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B30

**4.2.3.11 Diseño de mezclas final para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  – huso 8**

Con el diseño inicial para concretos  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se elaboró 30 muestras cilíndricas, las cuales fueron roturadas a compresión simple para la determinación de la desviación estándar, resultado que fue utilizado en este diseño de mezclas.

Los resultados obtenidos de la rotura a compresión simple para desviación estándar de las 30 muestras cilíndricas de 2”x4”, se muestran en el ANEXO A8

La desviación estándar que resultó es 21.42, con este dato se trabajó el diseño de mezclas.

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, se tiene las siguientes fórmulas para determinar la resistencia requerida

$$f_{cr} = f'c + 1.34 * S_s = 210 + 1.34 * 21.42 = 238.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = f'c + 2.33 * S_s - 35 = 210 + 2.33 * 21.42 - 35 = 224.91 \text{ kg/cm}^2$$

Se trabajó con el mayor valor obtenido, en este caso 238.70 kg/cm<sup>2</sup>

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 22, se realiza la siguiente interpolación:

$f'_{cr}$	a/c
250	0.61
238.7	x
200	0.69

$$\frac{238.7 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.69}{0.61 - 0.69}$$

$$x = 0.628$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.628} = 363.06 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{363.06}{2850} = 0.127$$

$$V_{agua} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{aire} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{parcial} = 0.127 + 0.228 + 0.030 = 0.385$$

El volumen faltante, es:

$$V_{faltante} = 1 - 0.385 = 0.615$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{arena} = 0.615 \times 50\% = 0.308$$

$$V_{piedra} = 0.615 \times 50\% = 0.308$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.308 = 806.10$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.308 = 814.77$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{cemento} = \frac{363.06}{363.06} = 1$$

$$WUS_{agua} = \frac{228}{363.06} = 0.63$$

$$WU_{arena} = \frac{806.10}{363.06} = 2.22$$

$$WUS_{piedra} = \frac{814.77}{334.80} = 2.24$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} Acorreg &= Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abs pied)}{100} \right] \\ Acorreg &= 228 - \left[ 806.10 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 814.77 x \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right] \\ &= 235.53 \text{ lit/m}^3 \end{aligned}$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 806.10 \times (1 + 0.0079) = 812.47$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 814.77 \times (1 + 0.0050) = 818.84 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{363.06}{363.06} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{235.53}{363.06} = 0.65$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{812.47}{363.06} = 2.24$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{818.84}{363.06} = 2.26$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 27.63 lit

- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{arena} \times 42.5}{PUS_{arena}} \times 35.31 = \frac{95.20}{1648.46} \times 35.31 = 2.04 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUOpiedra \times 42.5}{PUS_{piedra}} \times 35.31 = \frac{96.05}{1626.96} \times 35.31 = 2.08 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 80 Dosificación de diseño de mezclas final f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> -huso 8**

1.00	2.04	2.08	27.63	lit/bols	0.65
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B31

**4.2.3.12 Corrección del diseño de mezclas final para concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.25 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.482 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2211.93 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad \text{ real} = \frac{\text{peso concreto más próctor} - \text{peso del próctor}}{\text{volumen del próctor}}$$

---

$$\text{Densidad real} = \frac{11.482 - 6.5602}{0.002124} = 2317.23 \text{ kg/m}^3$$

**g) Rendimiento**

$$\text{Rendimiento} = \frac{3.17 + 2.06 + 7.10 + 7.16 - 0.25}{2317.23} = 0.0083$$

**h) Agua corregida**

$$\text{Agua corregida} = \frac{2.06 + 0.04 + 0.03 - 0.25}{0.0083} = 226.51 \text{ lit}$$

**i) Cemento corregido**

$$\text{cemento corregido} = \frac{226.51}{0.63} = 359.54 \text{ kg}$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{7.16}{0.0083} = 862.65 \text{ kg}$$

**k) Piedra seca corregida**

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{862.65}{1.0050} = 858.36 \text{ kg}$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$\text{Piedra saturada corregida} = 858.36 \times 1.0092 = 866.26 \text{ kg}$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\text{Arena saturada corregida} = 2317.23 - 226.51 - 359.54 - 866.26 = 864.92 \text{ kg}$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{864.92}{1.013} = 853.82 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 81 Dosificación de diseño de mezclas final corregido**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
359.54	226.51	853.82	858.36
1.00	0.63	2.37	2.39

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 82 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas final corregido  
 $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 8**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
359.54	234.47	860.57	862.65
1	0.65	2.39	2.4

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B32

#### **4.2.3.13 Diseño de mezclas inicial para concreto $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

Para la determinación de la resistencia requerida se utiliza la siguiente tabla 20

$$\text{como } f'c < 210, \text{ entonces : } f'cr = f'c + 70 = 280 + 85 = 365 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 22, se realiza la siguiente interpolación:

---

$f'_{cr}$	a/c
400	0.42
365	X
350	0.47

$$\frac{365 - 350}{400 - 350} = \frac{x - 0.47}{0.42 - 0.47}$$

$$x = 0.455$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.455} = 501.1 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{501.1}{2850} = 0.176$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.176 + 0.228 + 0.030 = 0.434$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.434 = 0.566$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.566 \times 50\% = 0.283$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.566 \times 50\% = 0.283$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.283 = 740.77$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.283 = 748.63$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{501.1}{501.1} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{228}{501.1} = 0.45$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{740.77}{501.1} = 1.48$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{748.63}{501.1} = 1.49$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(\text{Humaren} - \text{absaren})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(\text{Humpied} - \text{abspied})}{100} \right]$$

$$A_{\text{correg}} = 228 - \left[ 740.77 \times \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 748.63 \times \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right]$$

$$= 234.92 \text{ lit/m}^3$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo arena en kg}$$

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 740.77 \times (1 + 0.0079) = 746.62$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Peso húmedo piedra en kg}$$

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 748.63 \times (1 + 0.0050) = 752.37 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{501.1}{501.1} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{234.92}{501.1} = 0.47$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{746.62}{501.1} = 1.49$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{752.37}{501.1} = 1.50$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 19.98 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{\text{arena}} \times 42.5}{PUS_{\text{arena}}} \times 35.31 = \frac{63.33}{1648.46} \times 35.31 = 1.36 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{\text{piedra}} \times 42.5}{PUS_{\text{piedra}}} \times 35.31 = \frac{63.75}{1626.96} \times 35.31 = 1.38 \text{ pie}^3$$

**Cuadro explicativo 83 Dosificación de diseño de mezclas inicial f'c=280 kg/cm2. huso 8**

<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>a/c</b>
1.00	1.36	1.38	19.98 lit/bols	0.47

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B33

#### 4.2.3.14 Corrección del diseño de mezclas inicial $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>- huso 8

a) **Sobra agua**

Agua sobrante 0.1 lit

b) **Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

c) **Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.311 kg.

d) **Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

e) **Densidad teórica**

Densidad teorica= 2218.50 kg/m<sup>3</sup>

f) **Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.311 - 6.5602}{0.002124} = 2236.72\ kg/m^3$$

g) **Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{4.37 + 2.05 + 6.51 + 6.56 - 0.10}{2236.72} = 0.00867$$

h) **Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.05 + 0.03 + 0.03 - 0.1}{0.00867} = 231.83\ lit$$

i) **Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{231.83}{0.45} = 515.18\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra húmeda corregida = \frac{6.56}{0.00867} = 756.63 \text{ kg}$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra seca corregida = \frac{756.63}{1.0050} = 752.87 \text{ kg}$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra saturada corregida = 752.87 \times 1.0092 = 759.8 \text{ kg}$$

**m) Arena saturada corregida**

$$Arena saturada corregida = 2236.72 - 231.83 - 515.18 - 759.8 = 729.91 \text{ kg}$$

**n) Arena seca corregida**

$$Arena seca corregida = \frac{729.91}{1.013} = 720.54 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 84 Dosificación de diseño de mezclas inicial corregido f'c=280 kg/cm2-huso 8**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
515.18	231.83	720.54	752.87
1.00	0.45	1.40	1.46

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 85 Dosificación de diseño de mezclas corregido f'c=280 kg/cm2-huso 8**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
515.18	238.67	726.23	756.63
1	0.46	1.41	1.47

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B34

#### **4.2.3.15 Diseño de mezclas final para $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

Con el diseño inicial para concretos  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> se elaboró 30 muestras cilíndricas, las cuales fueron roturadas a compresión simple para la determinación de la desviación estándar, resultado que fue utilizado en este diseño de mezclas.

Los resultados obtenidos de la rotura a compresión simple para desviación estándar de las 30 muestras cilíndricas de 2”x4”, se muestran en el ANEXO A9

La desviación estándar que resultó es 20.75, con este dato se trabajó el diseño de mezclas.

##### **a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

##### **b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, se tiene las siguientes fórmulas para determinar la resistencia requerida

$$f_{cr} = f'c + 1.34 * S_s = 280 + 1.34 * 20.75 = 307.81 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = f'c + 2.33 * S_s - 35 = 280 + 2.33 * 20.75 - 35 = 293.35 \text{ kg/cm}^2$$

Se trabajó con el mayor valor obtenido, en este caso 307.81 kg/cm<sup>2</sup>

##### **c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

##### **d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

##### **e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

---

$f'cr$	$a/c$
350	0.47
307.81	$x$
300	0.54

$$\frac{307.81 - 300}{350 - 300} = \frac{x - 0.54}{0.47 - 0.54}$$

$$x = 0.529$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.529} = 431.00 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{431.00}{2850} = 0.151$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.151 + 0.228 + 0.030 = 0.409$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.409 = 0.591$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.591 \times 50\% = 0.296$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.591 \times 50\% = 0.296$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.296 = 774.69$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.296 = 783.02$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{431.00}{431.00} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{228}{431.00} = 0.53$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{774.69}{431.00} = 1.80$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{783.02}{431.00} = 1.82$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(\text{Humaren} - \text{absaren})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(\text{Humpied} - \text{abspied})}{100} \right]$$

$$A_{\text{correg}} = 228 - \left[ 774.69 \times \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 783.02 \times \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right]$$

$$= 235.24 \text{ lit/m}^3$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 774.69 \times (1 + 0.0079) = 780.81$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 783.02 \times (1 + 0.0050) = 786.94 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{431.00}{431.00} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{235.24}{431.00} = 0.55$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{780.81}{431.00} = 1.81$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{786.94}{431.00} = 1.83$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 23.38 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{\text{arena}} \times 42.5}{PUS_{\text{arena}}} \times 35.31 = \frac{76.93}{1648.46} \times 35.31 = 1.65 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{\text{piedra}} \times 42.5}{PUS_{\text{piedra}}} \times 35.31 = \frac{77.78}{1626.96} \times 35.31 = 1.69 \text{ pie}^3$$

***Cuadro explicativo 86 Dosificación de diseño de mezclas final f'c=280 kg/cm2***

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	<b>1.65</b>	<b>1.69</b>	<b>23.38</b> lit/bols	<b>0.55</b>

Fuente: elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B35

---

**4.2.3.16 Corrección del diseño de mezclas final para concreto f'c=280 kg/cm2 – huso 8**

**a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.131 lit

**b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.479 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m3

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2216.71 kg/m3

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.479 - 6.5602}{0.002124} = 2315.82\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{3.76 + 2.07 + 6.81 + 6.88 - 0.131}{2315.82} = 0.00837$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.07 + 0.03 + 0.08 - 0.131}{0.00837} = 244.8\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$\text{cemento corregido} = \frac{244.8}{0.53} = 461.89 \text{ kg}$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$\text{Piedra húmeda corregida} = \frac{6.88}{0.00837} = 821.98 \text{ kg}$$

**k) Piedra seca corregida**

$$\text{Piedra seca corregida} = \frac{821.98}{1.0050} = 817.89 \text{ kg}$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$\text{Piedra saturada corregida} = 817.89 \times 1.0092 = 825.41 \text{ kg}$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\text{Arena saturada corregida} = 2315.82 - 244.8 - 461.89 - 825.41 = 783.72 \text{ kg}$$

**n) Arena seca corregida**

$$\text{Arena seca corregida} = \frac{783.72}{1.013} = 773.66 \text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 87 Dosificación en seco de diseño de mezclas final corregido  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
461.89	244.8	773.66	817.89
1.00	0.53	1.67	1.77

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 88 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas final corregido  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
461.89	252.18	779.77	821.98
1	0.55	1.69	1.78

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B36

#### **4.2.3.17 Diseño de mezclas inicial para concreto $f'_c=350$ kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

Para la determinación de la resistencia requerida se utiliza la siguiente tabla 20

$$\text{como } f'_c < 210, \text{ entonces : } f'_{cr} = f'_c + 70 = 350 + 85 = 435 \text{ kg/cm}^2$$

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 23, se realiza la siguiente interpolación:

$f'_{cr}$	a/c
450	0.38
435	X
400	0.42

$$\frac{435 - 400}{450 - 400} = \frac{x - 0.42}{0.38 - 0.42}$$

$$x = 0.392$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.392} = 581.63 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{581.63}{2850} = 0.204$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.176 + 0.228 + 0.030 = 0.462$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.462 = 0.538$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.538 \times 50\% = 0.269$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.538 \times 50\% = 0.269$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.269 = 704.13$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.269 = 711.60$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{581.63}{581.63} = 1$$

$$WUSagua = \frac{228}{581.63} = 0.39$$

$$WUarena = \frac{704.13}{581.63} = 1.21$$

$$WUSpiedra = \frac{711.60}{581.63} = 1.22$$

**h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$Acorreg = Adiseño - \left[ Psecoarena * \frac{(Humaren - absaren)}{100} + Psecopiedra * \frac{(Humpied - abs pied)}{100} \right]$$

$$\begin{aligned} Acorreg &= 228 - \left[ 704.13 x \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 711.60 x \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right] \\ &= 234.58 \text{ lit/m}^3 \end{aligned}$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 704.13 \times (1 + 0.0079) = 709.69$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 711.60 \times (1 + 0.0050) = 715.16 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUOcemento = \frac{581.63}{581.63} = 1$$

$$WUO_{agua} = \frac{234.58}{581.63} = 0.47$$

$$WUO_{arena} = \frac{709.69}{581.63} = 1.22$$

$$WUO_{piedra} = \frac{715.16}{581.63} = 1.23$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 17.00 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{arena} \times 42.5}{PUS_{arena}} \times 35.31 = \frac{51.85}{1648.46} \times 35.31 = 1.11 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{piedra} \times 42.5}{PUS_{piedra}} \times 35.31 = \frac{52.28}{1626.96} \times 35.31 = 1.13 \text{ pie}^3$$

***Cuadro explicativo 89 Dosificación de diseño de mezclas inicial f'c=350 kg/cm2-huso 8***

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
<b>1.00</b>	<b>1.11</b>	<b>1.13</b>	<b>17.00</b>	<b>lit/bols 0.40</b>

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B37

**4.2.3.18 Corrección del diseño de mezclas inicial f'c=350 kg/cm2- huso 8**

**o) Sobra agua**

Agua sobrante 0.04 lit

**p) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**q) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.311 kg.

**r) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

**s) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2225.36 kg/m<sup>3</sup>

**t) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.311 - 6.5602}{0.002124} = 2236.72\ kg/m^3$$

**u) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{5.06 + 2.02 + 6.17 + 6.22 - 0.04}{2236.72} = 0.00869$$

**v) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.02 + 0.03 + 0.03 - 0.04}{0.00869} = 243.96\ lit$$

**w) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{293.96}{0.45} = 625.54\ kg$$

**x) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{6.22}{0.00867} = 715.77\ kg$$

**y) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{715.77}{1.0050} = 712.21\ kg$$

**z) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 712.21 \times 1.0092 = 718.76\ kg$$

**aa) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} Arena\ saturada\ corregida &= 2236.72 - 243.96 - 625.54 - 718.76 \\ &= 648.46\ kg \end{aligned}$$

**bb) Arena seca corregida**

$$Arena\ seca\ corregida = \frac{648.46}{1.013} = 640.14\ kg$$

**Cuadro explicativo 90 Dosificación en seco de diseño de mezclas inicial corregido  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 8**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
625.54	243.96	640.14	712.21
1.00	0.39	1.02	1.14

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 91 Dosificación en húmedo de diseño de mezclas inicial corregido  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 8**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
625.54	250.22	645.2	715.77
1	0.4	1.03	1.14

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B38

**4.2.3.19 Diseño de mezclas final para  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

Con el diseño inicial para concretos  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> se elaboró 30 muestras cilíndricas, las cuales fueron roturadas a compresión simple para la determinación de la desviación estándar, resultado que fue utilizado en este diseño de mezclas.

Los resultados obtenidos de la rotura a compresión simple para desviación estándar de las 30 muestras cilíndricas de 2”x4”, se muestran en el ANEXO A10

La desviación estándar que resultó es 21.05, con este dato se trabajó el diseño de mezclas.

**a) Resistencia especificada y selección del asentamiento**

De acuerdo a la tabla 19, el asentamiento es de 3” a 4”

**b) Determinación de la resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla 24, se tiene las siguientes fórmulas para determinar la resistencia requerida

$$f_{cr} = f'c + 1.34 * S_s = 350 + 1.34 * 21.05 = 378.21 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = f'c + 2.33 * S_s - 35 = 350 + 2.33 * 21.05 - 35 = 364.05 \text{ kg/cm}^2$$

Se trabajó con el mayor valor obtenido, en este caso 378.21 kg/cm<sup>2</sup>

**c) Determinación de la cantidad de agua de mezcla**

Considerando que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/8 y el asentamiento elegido es 3” a 4”.

De acuerdo a la tabla 21, la cantidad de agua es 228 lit/m<sup>3</sup>

**d) Determinación del contenido de aire**

De acuerdo a la tabla 22, el aire atrapado es 3%

**e) Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

De acuerdo a la tabla 22, se realiza la siguiente interpolación:

$f'_{cr}$	a/c
400	0.42
378.21	x
350	0.47

$$\frac{378.21 - 350}{400 - 350} = \frac{x - 0.47}{0.42 - 0.47}$$

$$x = 0.442$$

**f) Cantidad de cemento**

$$c = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{228}{0.442} = 515.84 \text{ kg}$$

**g) Cantidad de arena y piedra**

$$v = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{515.84}{2850} = 0.181$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{228}{1000} = 0.228$$

$$V_{\text{aire}} = 3\% = 0.030$$

El volumen parcial, es:

$$V_{\text{parcial}} = 0.181 + 0.228 + 0.030 = 0.439$$

El volumen faltante, es:

$$V_{\text{faltante}} = 1 - 0.439 = 0.561$$

El volumen faltante se distribuye en el 50% para la piedra y el 50% para la arena

$$V_{\text{arena}} = 0.561 \times 50\% = 0.281$$

$$V_{\text{piedra}} = 0.561 \times 50\% = 0.281$$

Una vez conocido el volumen de la piedra y la arena, recién se puede conocer el peso seco de éstas.

$$\text{peso seco} = \text{peso específico} \times \text{volumen}$$

$$x = \text{peso seco arena} = 2617.57 \times 0.281 = 735.43$$

$$y = \text{peso seco piedra} = 2645.35 \times 0.281 = 743.34$$

El peso unitario seco se obtiene dividiendo todos los componentes entre el peso del cemento.

$$WUS_{\text{cemento}} = \frac{515.84}{515.84} = 1$$

$$WUS_{\text{agua}} = \frac{228}{515.84} = 0.44$$

$$WU_{\text{arena}} = \frac{735.43}{515.84} = 1.43$$

$$WUS_{\text{piedra}} = \frac{743.34}{431.00} = 1.44$$

#### **h) Corrección por humedad y absorción**

La cantidad de agua final, está dado por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{correg}} = A_{\text{diseño}} - \left[ P_{\text{secoarena}} * \frac{(\text{Humaren} - \text{absaren})}{100} + P_{\text{secopiedra}} * \frac{(\text{Humpied} - \text{abspied})}{100} \right]$$

$$A_{\text{correg}} = 228 - \left[ 735.43 * \frac{(0.79 - 1.30)}{100} + 743.34 * \frac{(0.50 - 0.92)}{100} \right]$$

$$= 234.87 \text{ lit/m}^3$$

Para el peso de la arena húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo arena en kg*

$$= \text{Peso seco arena en kg} \times (1 + \text{humedad de arena en \%})$$

$$\text{Peso húmedo arena en kg} = 735.43 \times (1 + 0.0079) = 741.24$$

Para el peso de la piedra húmeda, se utiliza la siguiente fórmula

*Peso húmedo piedra en kg*

$$= \text{Peso seco piedra en kg} \times (1 + \text{humedad de piedra en \%})$$

$$\text{peso húmedo piedra en kg} = 743.34 \times (1 + 0.0050) = 747.06 \text{ kg}$$

El peso unitario en obra se calcula dividiendo el peso en obra de cada componente entre el peso del cemento, de la siguiente forma:

$$WUO_{\text{cemento}} = \frac{515.84}{515.84} = 1$$

$$WUO_{\text{agua}} = \frac{234.87}{515.84} = 0.46$$

$$WUO_{\text{arena}} = \frac{741.24}{515.84} = 1.44$$

$$WUO_{\text{piedra}} = \frac{747.06}{515.84} = 1.45$$

El volumen en obra en pies cúbicos de cada componente, se determina de la siguiente forma:

- 1 bolsa de cemento = 1 pie<sup>3</sup>
- En el caso del agua, es manejable la unidad con la que se trabaja, 19.55 lit
- El volumen de la arena en obra en pies<sup>3</sup>, es:

$$\frac{WUO_{\text{arena}} \times 42.5}{PUS_{\text{arena}}} \times 35.31 = \frac{61.20}{1648.46} \times 35.31 = 1.31 \text{ pie}^3$$

- El volumen en obra en pies<sup>3</sup> de la piedra

$$\frac{WUO_{\text{piedra}} \times 42.5}{PUS_{\text{piedra}}} \times 35.31 = \frac{61.63}{1626.96} \times 35.31 = 1.34 \text{ pie}^3$$

*Cuadro explicativo 92 Dosificación de diseño de mezclas final f’c=350 kg/cm<sup>2</sup>*

Cemento	Arena	Piedra	Agua	a/c
1.00	1.31	1.34	19.55	lit/bols

Fuente: Elaboración propia

El cuadro resumen, se muestra en el ANEXO B39

#### **4.2.3.20 Corrección del diseño de mezclas final para concreto f’c=350 kg/cm<sup>2</sup> – huso 8**

##### **a) Sobra agua**

Agua sobrante 0.03 lit

##### **b) Peso del proctor**

Peso próctor= 6.5602 kg

**c) Peso del concreto más próctor**

Peso concreto + próctor=11.476 kg.

**d) Volumen del proctor**

Vol proct= 0.002124 m<sup>3</sup>

**e) Densidad teórica**

Densidad teorica= 2222.61 kg/m<sup>3</sup>

**f) Densidad real**

$$Densidad\ real = \frac{peso\ concreto\ más\ próctor - peso\ del\ próctor}{volumen\ del\ próctor}$$

$$Densidad\ real = \frac{11.476 - 6.5602}{0.002124} = 2314.41\ kg/m^3$$

**g) Rendimiento**

$$Rendimiento = \frac{4.48 + 2.06 + 6.45 + 6.50 - 0.03}{2314.41} = 0.00841$$

**h) Agua corregida**

$$Agua\ corregida = \frac{2.06 + 0.03 + 0.08 - 0.03}{0.00841} = 254.46\ lit$$

**i) Cemento corregido**

$$cemento\ corregido = \frac{254.46}{0.44} = 578.32\ kg$$

**j) Piedra húmeda corregida**

$$Piedra\ húmeda\ corregida = \frac{6.50}{0.00837} = 772.89\ kg$$

**k) Piedra seca corregida**

$$Piedra\ seca\ corregida = \frac{772.89}{1.0050} = 769.04\ kg$$

**l) Piedra saturada corregida**

$$Piedra\ saturada\ corregida = 769.04 \times 1.0092 = 776.12\text{kg}$$

**m) Arena saturada corregida**

$$\begin{aligned} Arena\ saturada\ corregida &= 2314.41 - 254.46 - 578.32 - 776.12 \\ &= 705.51\text{ kg} \end{aligned}$$

**n) Arena seca corregida**

$$Arena\ seca\ corregida = \frac{705.51}{1.013} = 696.46\text{ kg}$$

**Cuadro explicativo 93 Dosificación en seco de diseño de mezclas final corregido f’c=350 kg/cm2-huao 8**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena seca</b>	<b>Piedra seca</b>
578.32	254.46	696.46	769.04
1.00	0.44	1.20	1.33

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro explicativo 94 Dosificación de diseño de mezclas final corregido f’c=350 kg/cm2-huao 8**

<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Arena húmeda</b>	<b>Piedra húmeda</b>
578.32	261.24	701.96	772.89
1	0.45	1.21	1.34

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el resumen de los diseños de mezclas inicial corregido por asentamiento y densidad, con los cuales se elaboraron las muestras cilíndricas para la obtención de la desviación estándar.

Para la elaboración de las muestras cilíndricas de diámetro=4” y altura=8” para la obtención de la desviación estándar, se utilizaron las siguientes dosificaciones en seco:

**Tabla elaborada 27 Resumen de dosificaciones para diseños de mezclas inicial con corrección por asentamiento y densidad de 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>- huso 67**

Materiales (kg)	Peso seco (kg/m <sup>3</sup> )				
	Slump 3” a 4”				
	Relación a/c				
	0.67	0.62	0.55	0.45	0.39
	F’c diseño (kg/cm <sup>2</sup> )				
	140	175	210	280	350
Cemento	305.94	331.61	374.73	515.69	587.18
Agua	204.98	205.60	206.10	232.06	229.00
Arena	868.19	856.57	840.66	717.83	681.52
Agregado grueso huso 67	967.06	957.30	934.20	877.02	835.75
Aire	2%	2%	2%	2%	2%

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de las muestras cilíndricas de diámetro=2” y altura=4” para obtención de desviación estándar, se utilizaron las siguientes dosificaciones en seco:

**Tabla elaborada 28 Resumen de dosificaciones para diseños de mezclas inicial con corrección por asentamiento y densidad de 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>- Huso 8**

Materiales (kg)	Peso seco (kg/m <sup>3</sup> )				
	Slump 3” a 4”				
	Relación a/c				
	0.67	0.62	0.55	0.45	0.39
	F’c diseño (kg/cm <sup>2</sup> )				
	140	175	210	280	350
Cemento	311.06	345.89	395.35	515.18	625.54
Agua	208.41	214.45	217.44	231.83	243.96
Arena	852.38	832.25	805.90	720.54	640.14
Agregado grueso huso 8	842.75	825.71	800.65	752.87	712.21
Aire	3%	3%	3%	3%	3%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se muestran los cuadros resumen de dosificaciones en seco, de los diseños de mezclas finales corregidos por asentamiento y densidad, que se utilizaron para la elaboración de las muestras cilíndricas patrones objeto de estudio.

**Tabla elaborada 29 Resumen de dosificaciones para diseño de mezclas final con corrección por asentamiento y densidad para concretos  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>**

	Peso seco (kg/m <sup>3</sup> )				
	Slump 3” a 4”				
	Relación a/c				

Materiales	0.77	0.70	0.65	0.54	0.43
	F'c diseño (kg/cm <sup>2</sup> )				
	140	175	210	280	350
Cemento	261.31	291.27	315.77	390.85	504.95
Agua	201.21	203.89	205.25	211.06	217.13
Arena	885.91	880.74	870.53	833.12	744.72
Agregado grueso huso 67	987.58	974.29	964.49	917.11	863.77
Aire	2%	2%	2%	2%	2%

Fuente: Elaboración propia

***Tabla elaborada 30 Resumen de dosificaciones de diseños de mezclas final con corrección por asentamiento y densidad para concretos  $f'c=140,175,210,280$  y  $250$  kg/cm<sup>2</sup>***

Materiales (kg)	Peso seco (kg/m <sup>3</sup> )				
	Slump 3" a 4"				
	Relación a/c				
	0.78	0.68	0.63	0.53	0.39
	F'c diseño (kg/cm <sup>2</sup> )				
	140	175	210	280	350
Cemento	269.91	320.01	359.54	461.89	578.32
Agua	210.53	217.61	226.51	244.80	254.46
Arena	913.22	882.47	853.82	773.66	696.46
Agregado grueso huso 8	901.06	876.20	858.36	817.89	769.04
Aire	3%	3%	3%	3%	3%

Fuente: Elaboración propia

## **5. CAPÍTULO V**

### **ELABORACIÓN Y ENSAYO DE ESPECÍMENES**

#### **5.1 Elaboración de especímenes**

##### **5.1.1 Procedimiento de elaboración**

Para la elaboración de especímenes cilíndricos se tuvo especial cuidado en la preparación, corrección y pesado de los agregados, la adquisición, almacenaje y pesado del cemento, así como la medición del agua de acuerdo al diseño.

Antes del mezclado, fue necesario tener una zona limpia y despejada, sin obstáculos que causen accidentes o impidan el proceso de mezclado y sus respectivos ensayos. Por ello, el trompo mezclador estuvo ubicado en una zona seca y alejado de los pozos de agua y próximo a la toma de corriente, el cono de Abrams limpio y humedecido, adecuadamente ubicado para realizar el ensayo de asentamiento, así como las briqueteras limpias y engrasadas, dispuestas en orden y en zona plana.

Para la mezcla de concreto se utilizó un trompo mezclador de ½ bolsa con motor eléctrico.

Para el mezclado del concreto, primero fue necesario limpiar el trompo mezclador y humedecer la cuba para evitar que el agua de mezcla sea absorbida. En seguida se colocaron los agregados y una porción de agua, dando inicio a las revolturas, de tal forma que los agregados se humedezcan y haya una mejor adherencia del cemento al agregado, posteriormente se echó el cemento y el resto de agua, cuidando el slump de diseño, hasta que se muestre una mezcla homogénea, no más de cinco minutos. Durante el proceso se hizo necesario utilizar el combo de goma para golpear en la cuba del trompo mezclador y así evitar

que el cemento se pegue en la cara interna de la dicha cuba. Así como también se hizo el anote correspondiente de la cantidad de agua sobrante por cada tanda.

Una vez realizado el mezclado se procedió a verter la mezcla en una carretilla para trasladar el concreto al lugar donde se tenían listos, el cono de Abrams para el respectivo ensayo de asentamiento, el recipiente de  $\frac{1}{2}$  pie<sup>3</sup> para el ensayo de densidad, así como los moldes o briqueteras, debidamente aceitados con aceite desmoldante, para luego proceder al colado de la mezcla, en tres capas, cada una con 25 golpes de varillado, con sus respectivos golpes de combo de goma para evitar los espacios vacíos. Luego del consolidado de los especímenes, se procedió al enrase y respectivo acabado superficial.

*Tabla 25 Diámetro de varilla y número de varillados por capa.*

<b>Diámetro del cilindro IN (mm)</b>	<b>Diámetro de varilla (mm)</b>	<b>Número de varillados por capa</b>
3(75) hasta 6(150)	3/8 (10)	25
6(150)	5/8 (16)	25
8(200)	5/8 (16)	50
10 (250)	5/8 (16)	75

Fuente: ASTM C192 pág. 308

### **5.1.2 Calidad de moldes**

Para la elaboración de las muestras cilíndricas de 4"x8", se utilizaron moldes de PVC (policloruro de vinilo) de 4"x 8", normalizadas y nuevas, pero en el caso de las muestras cilíndricas de 2"x4" fue necesario adaptar tubos de PVC de 2" de diámetro, cortados en trozos de 4", a la cual se adhirió tapas de PVC de 2" de diámetro.

### **5.1.3 Codificación de los especímenes**

Los especímenes fueron codificados de acuerdo a la resistencia especificada, a la fecha de fabricación y al número de espécimen. Este codificado se realizó al día siguiente de la fabricación ( $24\pm 8h$ ) de dichos especímenes y después del desmolde.

### **5.1.4 Curado de concreto**

Para el curado de concreto se utilizaron cilindros galvanizados contenidos con agua potable, en el cual se depositaron los especímenes de concreto, al día siguiente de su elaboración y después de su respectiva codificación, hasta el día de rotura. Estos cilindros fueron protegidos de la lluvia, el sol y demás efectos climatológicos que fueran a afectar la resistencia del concreto.

## **5.2 Ensayos de especímenes**

### **5.2.1 Ensayo de Pulso ultrasónico**

#### **5.2.1.1 Preparación de especímenes**

Para realizar la prueba ultrasónica, fue necesario que los especímenes estén al aire libre, por un periodo de 2 horas, hasta que las superficies de las caras de los especímenes, estuvieran relativamente secas y sin presencia de agua en los poros del concreto.

Una vez que se tuvo los especímenes en la condición antes mencionada, se procedió a limpiar las caras de los especímenes y en algunos casos se procedió a lijar dichas caras para conseguir superficies lisas, ya que las lecturas ultrasónicas son más confiables cuando la superficie es lisa y el acoplante está adecuadamente adherido a la superficie y al transductor.

Una vez listos los especímenes se midieron las alturas de cada espécimen, para luego insertar este dato en el equipo de ultrasonido y así poder realizar las mediciones de las velocidades ultrasónicas en cada espécimen en un número de 3. Estos datos fueron anotados manualmente en formatos ya elaborados con anticipación.

### **5.2.1.2 Preparación de equipo**

El equipo de ultrasonido utilizado fue el Pundit Lab Test Device H2984, este equipo posee una unidad de pantalla o monitor, 2 transductores de 54 kHz y una varilla de calibración. El equipo puede funcionar con electricidad o con el uso de 4 baterías AA(LR6), más en esta investigación se utilizó baterías AA, debido a las condiciones de laboratorio. Una vez colocados las 4 baterías AA, se hace la conexión de los transductores emisor y receptor y luego se realiza el encendido del equipo.

Antes de realizar las mediciones ultrasónicas fue necesario configurar el equipo, de acuerdo al manual de funcionamiento, donde básicamente se configuró la frecuencia del pulso ultrasónico, la longitud del elemento a medir y la calibración correspondiente con la barra calibradora. Después de la configuración del equipo, recién se pudo realizar las mediciones de las velocidades de pulso ultrasónico en el concreto, utilizando para ello un gel acoplante que va en el centro de las caras del espécimen, donde se coloca los transductores.

### **5.2.1.3 Ensayo y recolección de datos**

una vez preparados los especímenes, vale decir, que el agua contenido en los poros hayan salido, que las caras de cada espécimen estén relativamente secas y lisas, se procedió con la medición de la longitud de recorrido o altura de briqueta, para luego insertar el dato en el equipo, y luego colocar el gel acoplante en cantidad considerable entre las caras del concreto y los transductores, para finalmente ejecutar la medición de velocidad de pulso ultrasónico.

La medición de la velocidad de pulso ultrasónico se hizo tres veces por espécimen y en otros se tuvo que repetir las mediciones, hasta que el nivel de señal recibida sea por lo menos de un 75%.

A pesar de que el equipo cuenta con la opción de guardado de datos, se tomó la decisión de anotar las mediciones en forma manual en formatos de toma de datos elaborados con anticipación.

## **5.2.2 Ensayo de compresión**

### **5.2.2.1 Preparación de especímenes**

De acuerdo a la norma ASTM C 39, la rotura de especímenes cilíndricos de concreto a determinadas edades, deben cumplir las siguientes tolerancias que se indican en la siguiente tabla.

*Tabla 26 Tolerancias para tiempo de rotura*

<b>Edad</b>	<b>Tolerancia</b>
24 horas	+/- 0.5 horas
3 días	2 horas
7 días	6 horas
14 días	8 horas
28 días	20 horas
90 días	2 días

Fuente:ASTM C39

En esta investigación, se hizo roturas de especímenes cilíndricos de concreto a los 7, 14, 21 y 28 días, los cuales se hicieron respetando las tolerancias establecidas de acuerdo a norma, presentadas en la tabla anterior.

Para el ensayo a compresión, primero se hicieron las mediciones básicas necesarias a los especímenes cilíndricos de concreto como son: peso, diámetro (tres diámetros), y las alturas que ya fueron consideradas en el ensayo ultrasónico.

### 5.2.2.2 Preparación de equipo

El equipo que se utilizó para la rotura de las muestras cilíndricas de concreto de resistencias  $f'c=$  140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> fue el equipo ADR 1500 marca ELE, que utilizan almohadillas de neopreno para la distribución adecuada de la fuerza de compresión.

La carga se aplicó a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de 0.25 Mpa +- 0.05 MPa, manteniéndose la velocidad de movimiento al menos durante la última mitad de la fase de carga anticipada.

### 5.2.2.3 Ensayo y recolección de datos

Los ensayos de velocidad ultrasónica y compresión simple cada una de las muestras cilíndricas de concreto, fueron realizados en las fechas correspondientes a 7, 14, 21 y 28 días de elaboración para cada  $f'c$  de diseño de 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo al siguiente cuadro.

***Tabla elaborada 31 Número de especímenes cilíndricos de 4"x8" sometidos a ensayo de velocidad de pulso ultrasónico y compresión simple***

Edad	F'c de diseño					Total
	f'c=140 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=175 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=280 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=350 kg/cm <sup>2</sup>	
7 días	15	15	15	15	15	75
14 días	15	15	15	15	15	75
21 días	15	15	15	15	15	75
28 días	15	15	15	15	15	75
<b>Total</b>	60	60	60	60	60	300

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, se hizo el ensayo de velocidad de pulso ultrasónico y de compresión simple a un total de 300 especímenes cilíndricos de concreto de 4"x8", cuyos resultados se apuntaron en fichas de recolección de datos.

***Tabla elaborada 32 Número de especímenes cilíndricos de 2"x4" sometidos a ensayo de pulso untrasónico y compresión simple***

Edad	F'c de diseño					Total
	f'c=140 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=175 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=280 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=350 kg/cm <sup>2</sup>	
28 días	15	15	15	15	15	75
Total	15	15	15	15	15	75

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, se hizo el ensayo de velocidad de pulso ultrasónico y compresión simple a un total de 75 especímenes cilíndricos de concreto de 2"x4", cuyos resultados se apuntaron en fichas de recolección de datos.

***Tabla elaborada 33 Número de especímenes cilíndricos de 2"x4" sometidos a ensayo de pulso untrasónico y compresión triaxial***

Edad	F'c de diseño					Total
	f'c=140 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=175 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=280 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=350 kg/cm <sup>2</sup>	
28 días	3	3	3	3	3	15
Total	3	3	3	3	3	15

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, se hizo el ensayo de Velocidad de pulso ultrasónico a un total de 15 especímenes cilíndricos de concreto de 2"x4", cuyos resultados se apuntaron en fichas de recolección de datos.

#### **5.2.2.4 Resultados del ensayo de pulso ultrasónico y el ensayo de compresión simple**

Los resultados de los ensayos se muestran en los ANEXOS C1 al C20

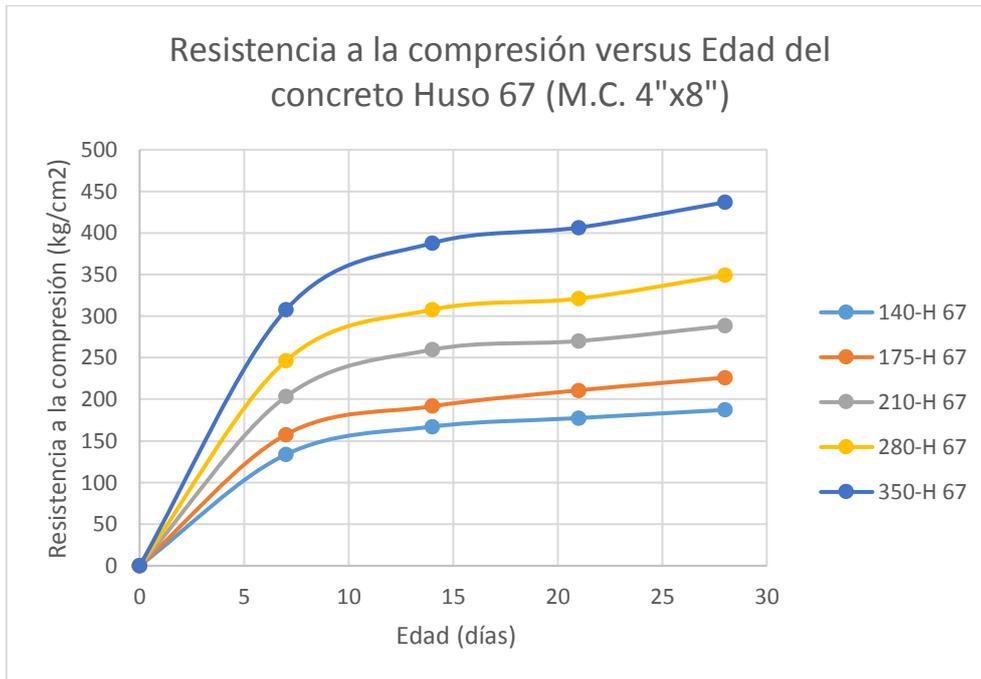
El siguiente cuadro muestra el resumen de resultados promedio, obtenidos en los ensayos de compresión simple y velocidad ultrasónica de muestras cilíndricas 4"x8" (Huso 67)

*Tabla elaborada 34 Cuadro resumen de compresión y velocidad ultrasónica promedio de muestras cilíndricas de 4"x8"- huso 67*

<b>Código</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>f'c promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Velocidad ultrasónica (m/s)</b>
07-140	7	133.70	3863
14-140	14	167.18	4202
21-140	21	177.48	4249
28-140	28	187.3	4244
07-175	7	157.64	4121
14-175	14	191.66	4280
21-175	21	210.79	4316
28-175	28	226.11	4309
07-210	7	203.30	4288
14-210	14	259.63	4364
21-210	21	270.03	4390
28-210	28	288.27	4387
07-280	7	246.32	4348
14-280	14	307.75	4400
21-280	21	321.01	4427
28-280	28	348.99	4421
07-350	7	307.66	4399
14-350	14	387.73	4491
21-350	21	406.39	4566
28-350	28	436.83	4509

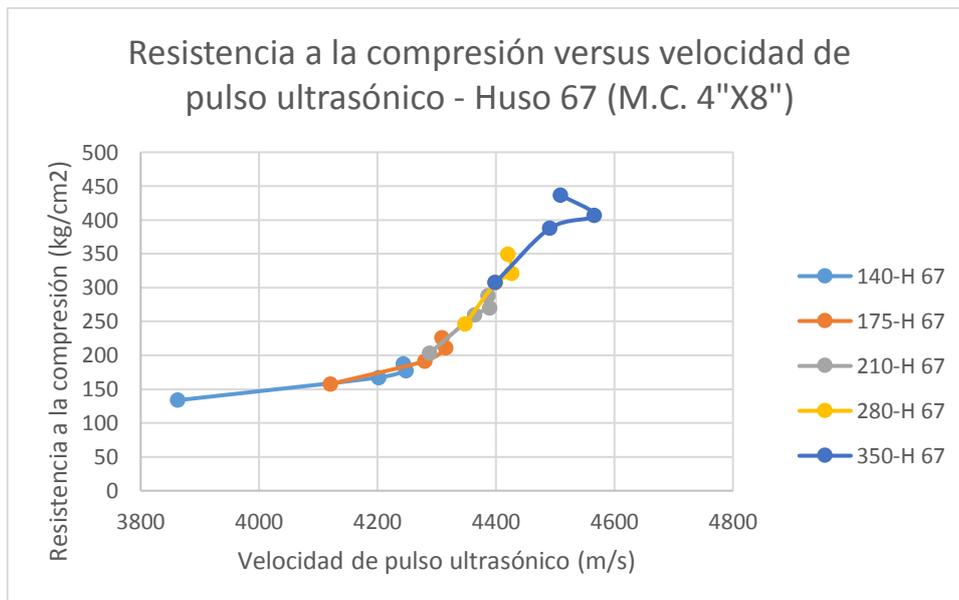
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9 Cuadro comparativo de la evolución de la resistencia a compresión del concreto de resistencias de diseño  $f'c=140, 175, 210, 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14, 21 y 28 días de edad, huso 67 (M.C. 4"x8").



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 10 Cuadro comparativo de la evolución de la Resistencia a la compresión versus velocidad de pulso ultrasónico para resistencias de diseño  $f'c=140, 175, 210, 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup> huso 67 (M.C. 4"x8").



Fuente: Elaboración propia

El siguiente cuadro muestra el resumen de las densidades con las velocidades ultrasónicas promedio de las muestras cilíndricas 4"x8" – Huso 67

*Tabla elaborada 35 Cuadro resumen de densidad y velocidad de pulso ultrasónico para muestras cilíndricas de 4"x8" (huso 67)*

<b>Código</b>	<b>Edad</b>	<b>Velocidad de pulso (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>
07-140	7	3863	2355.45
14-140	14	4202	2355.72
21-140	21	4249	2355.45
28-140	28	4244	2354.04
<b>Promedio</b>		<b>4140</b>	<b>2355.17</b>
07-175	7	4121	2366.35
14-175	14	4280	2366.51
21-175	21	4316	2368.82
28-175	28	4309	2369.22
<b>Promedio</b>		<b>4257</b>	<b>2367.73</b>
07-210	7	4288	2371.88
14-210	14	4364	2372.83
21-210	21	4390	2371.73
28-210	28	4387	2370.67
<b>Promedio</b>		<b>4357</b>	<b>2371.78</b>
07-280	7	4348	2370.19
14-280	14	4400	2370.00
21-280	21	4427	2369.53
28-280	28	4421	2370.08
<b>Promedio</b>		<b>4399</b>	<b>2369.95</b>
07-350	7	4399	2366.55
14-350	14	4491	2365.41
21-350	21	4566	2366.82
28-350	28	4509	2366.23
<b>Promedio</b>		<b>4491</b>	<b>2366.25</b>

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 36 Cuadro Resumen Velocidad-densidad-huso 67*

<b>f'c (kg/cm2)</b>	<b>Velocidad de pulso (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>
140	4140	2355.17
175	4257	2367.73
210	4357	2371.78
280	4399	2369.95
350	4491	2366.25

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de los ensayos a compresión y velocidad ultrasónica a muestras cilíndricas de 2"x4" a los 28 días, se muestran en los ANEXOS C21 al C25

El siguiente cuadro muestra el resumen de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión y velocidad ultrasónica a muestras cilíndricas de 2"x4".

*Tabla elaborada 37 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia ,  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup> a 28 días -M.C. 2"x4"-huso 8*

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-140-01	28	4057	171.87
28-140-02	28	4027	175.23
28-140-03	28	4047	176.58
28-140-04	28	3923	144.65
28-140-05	28	4027	166.91
28-140-06	28	4050	176.87
28-140-07	28	4027	170.12
28-140-08	28	3979	173.49
28-140-09	28	4100	193.52
28-140-10	28	4103	193.03
28-140-11	28	4020	173.31
28-140-12	28	4018	172.71
28-140-13	28	3997	173.2
28-140-14	28	3999	177.55
28-140-15	28	4027	174.46

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 38 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia ,  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> a 28 días -M.C. 2"x4"-huso 8*

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-175-01	28	4128	233.67
28-175-02	28	4130	235.12
28-175-03	28	4102	227.38
28-175-04	28	4113	223.13
28-175-05	28	4095	202.23
28-175-06	28	4089	205.3
28-175-07	28	4146	212.05
28-175-08	28	4163	230.29

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasonico (m/s)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-175-09	28	4112	227.47
28-175-10	28	4189	227.38
28-175-11	28	4203	224
28-175-12	28	4132	224
28-175-13	28	4119	227.38
28-175-14	28	4142	231.25
28-175-15	28	4187	227.87

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 39 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia,  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a 28 días -M.C. 2"x4"-huso 8*

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasonico (m/s)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-210-01	28	4222	261.25
28-210-02	28	4231	260.28
28-210-03	28	4212	251.57
28-210-04	28	4251	255.42
28-210-05	28	4224	264.1
28-210-06	28	4268	272.86
28-210-07	28	4299	276.25
28-210-08	28	4312	275.28
28-210-09	28	4278	269.88
28-210-10	28	4259	270.36
28-210-11	28	4302	268.02
28-210-12	28	4245	264.04
28-210-13	28	4245	265.12
28-210-14	28	4207	255.4
28-210-15	28	4219	256.89

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 40 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> a 28 días -M.C. 2"x4"-huso 8*

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasonico (m/s)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-280-01	28	4387	353.17
28-280-02	28	4365	337.20
28-280-03	28	4372	335.75
28-280-04	28	4302	328.50

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-280-05	28	4298	320.48
28-280-06	28	4312	351.33
28-280-07	28	4299	314.47
28-280-08	28	4287	311.08
28-280-09	28	4275	304.79
28-280-10	28	4292	308.66
28-280-11	28	4272	320.48
28-280-12	28	4293	335.90
28-280-13	28	4301	335.75
28-280-14	28	4319	309.63
28-280-15	28	4309	310.36

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 41 Resumen de Resultados de Velocidad y resistencia,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> a 28 días-M.C. 2”x4”-huso 8*

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-350-01	28	4417	370.60
28-350-02	28	4356	348.54
28-350-03	28	4352	352.69
28-350-04	28	4359	367.68
28-350-05	28	4389	370.60
28-350-06	28	4377	373.00
28-350-07	28	4332	373.49
28-350-08	28	4389	378.33
28-350-09	28	4297	380.26
28-350-10	28	4282	375.90
28-350-11	28	4385	366.27
28-350-12	28	4335	383.16
28-350-13	28	4377	384.62
28-350-14	28	4423	383.16
28-350-15	28	4415	381.71

Fuente: Elaboración propia

El siguiente cuadro muestra el resumen de los ensayos de densidad y velocidad de pulso ultrasónico promedio, realizados a muestras cilíndricas de 2”x4”

**Tabla elaborada 42 Resumen de Resultados  
de Velocidad y Densidad a 28 días – M.C.  
2”x4”-huso 67**

<b>Briqueta</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad ultrasónica promedio (m/s)</b>	<b>Densidad promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
28-140	28	4027	2313.47
28-175	28	4137	2314.58
28-210	28	4252	2315.26
28-280	28	4312	2314.88
28-350	28	4366	2314.40

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba triaxial en concreto, fueron los siguientes:

**Tabla elaborada 43 Resultados de compresión triaxial a  
28 días- M.C. de 2”x4”-huso 8**

<b>Código</b>	<b><math>\sigma_3</math> (MPa)</b>	<b>f'c máximo (MPa)</b>
140-28	3	32.40
	5	38.02
	7	40.20
175-28	3	35.60
	5	40.11
	7	45.77
210-28	3	44.75
	5	51.57
	7	54.61
280-28	1	59.07
	3	64.86
	5	67.80
350-28	1	62.24
	3	66.86
	5	70.80

Fuente: Elaboración propia

## 6. CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1 Análisis estadístico de resultados de velocidad y resistencia de muestras cilíndricas de 4”x8”-huso 67

Bajo criterios estadísticos de agrupación de datos, es que se realizó la siguiente tabla, donde las muestras fueron agrupadas a dos edades distintas del concreto (7 y 28; 14 y 28; 21 y 28), a tres edades distintas del concreto (7,14 y 28; 14, 21 y 28; 7, 21 y 28) y finalmente a cuatro edades distintas del concreto (7, 14, 21 y 28), que viene a ser todo el conglomerado de datos, de los cinco  $f_c$  de diseño de 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>.

Se consideró la edad de 28 días en todos los grupos G1, G2, G3, G4, G5, G6 y G7, debido a que se considera que dichos datos son importantes para la investigación, ya que a esta edad se alcanza aproximadamente el 100% de la resistencia.

*Tabla elaborada 44 Coeficientes de determinación para diferentes modelos de regresión, Velocidad de pulso ultrasónico-resistencia a la compresión, M.C. 4”x8”*

Grupo	R <sup>2</sup> para modelos de regresión estadística Velocidad-Resistencia				
	Lineal	Logarítmico	Exponencial	Potencial	Cúbica
G1(7-28)	0.7303	0.7092	0.8515	0.8344	0.9894
G2(14-28)	0.9597	0.9564	0.9824	0.9818	0.9848
G3(21-28)	0.9290	0.9294	0.9363	0.9390	0.9702
G4(7-14-28)	0.7395	0.7170	0.8425	0.8238	0.9838
G5(14-21-28)	0.9106	0.9054	0.9527	0.9543	0.9674
G6(7-21-28)	0.7489	0.7266	0.8485	0.8313	0.9327
G7(7-14-21-28)	0.7611	0.7385	0.8482	0.8303	0.9487

Fuente: Elaboración propia

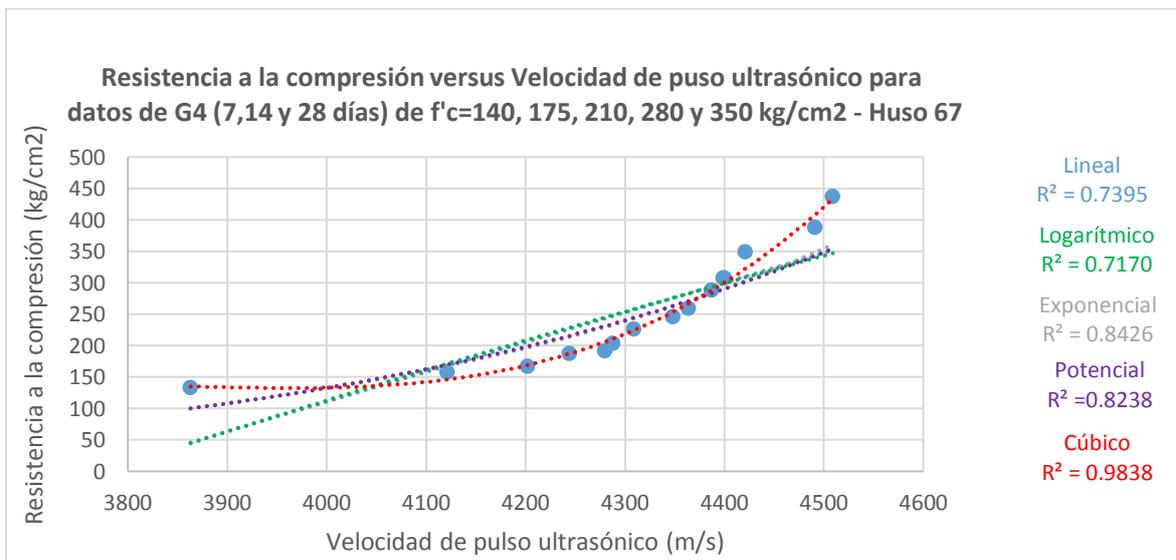
Se observa en la tabla anterior, los coeficientes de determinación, que indican el grado de dependencia y correlación de la velocidad de pulso ultrasónico y la resistencia a compresión de las muestras cilíndricas a diferentes edades.

El coeficiente de determinación más cercano a 1, es el que presenta una mayor dependencia entre las variables de Velocidad de pulso ultrasónico y Resistencia a la compresión.

Es necesario aclarar que, se desestima los coeficientes de determinación cúbica para G1, G2 y G3, que son 0.9894, 0.9848 y 0.9702, respectivamente, ya que se considera que, la cantidad de datos no es representativa.

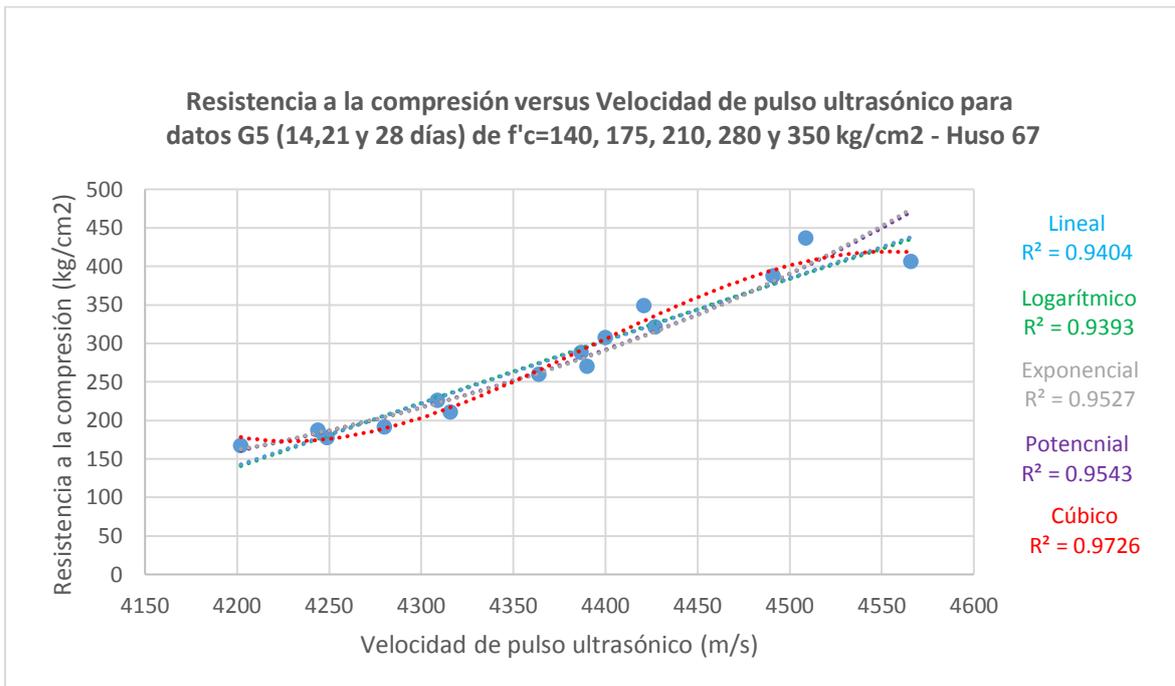
Los grupos G4, G5 y G7, para el modelo de regresión cúbica, son los que muestran mayor coeficiente de determinación, siendo estas **0.9838**, **0.9674** y **0.9487**, respectivamente. A los datos de estos grupos se determinará sus porcentajes residuales, con lo cual se tomará una mejor decisión.

**Gráfica 11** *Curvas de tendencia para Resistencia versus Velocidad de pulso, grupo G4–Huso 67*



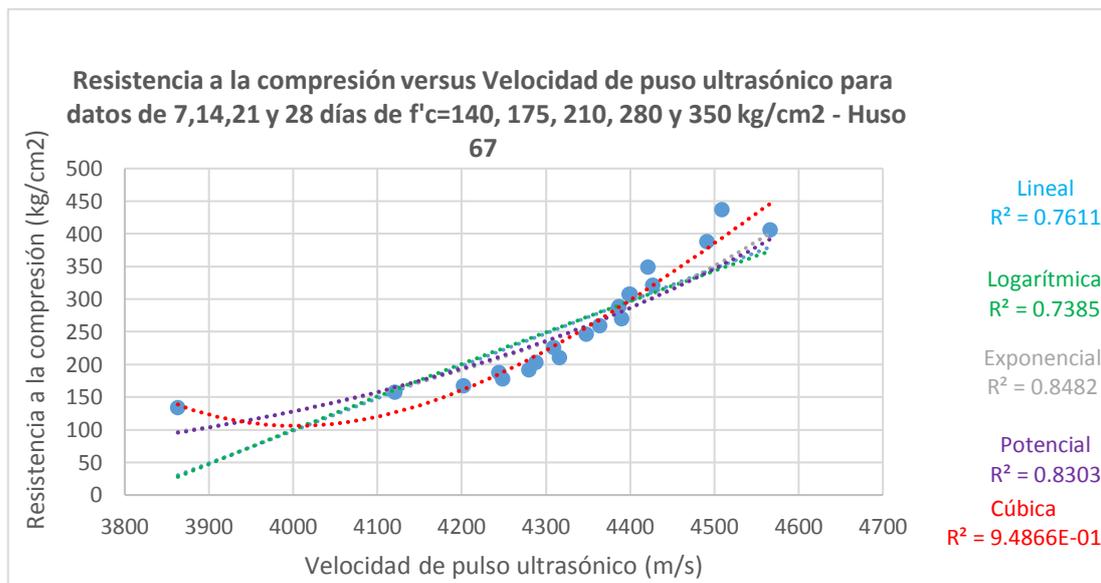
Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 12 Curvas de tendencia para Resistencia versus Velocidad de pulso, grupo G5- Huso 67**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 13 Curvas de tendencia para Resistencia a la compresión versus Velocidad de pulso, grupo G7- Huso 67.**



Fuente: Elaboración propia

## **6.2 Análisis estadístico de resultados de velocidad y densidad de muestras cilíndricas de 4”x8”-huso 67**

En el caso de la densidad, también se agrupó como D1 (7,14,28), D2 (14,21,28), D3(7,21,28), D4 (7,14,21,28) y D5(promedios únicos), donde la denominación D, es el nombre del grupo y las numeraciones en el paréntesis las respectivas edades del concreto.

*Tabla elaborada 45 Coeficientes de determinación para diferentes modelos de regresión, Velocidad-Densidad, M.C. 4”x8”*

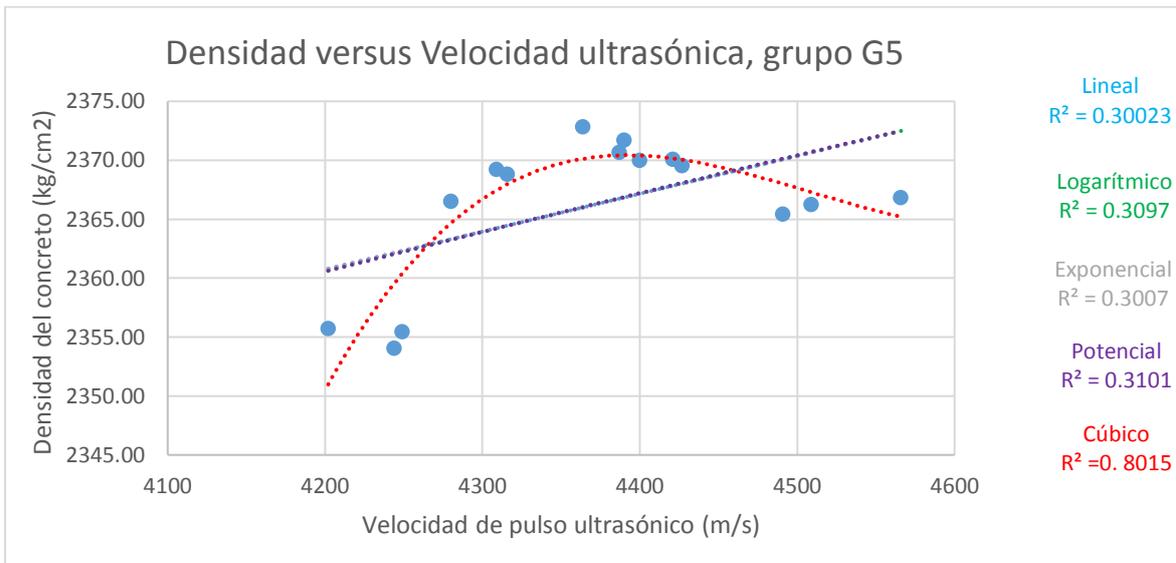
<b>Grupo</b>	<b>R<sup>2</sup> para modelos de regresión estadística Velocidad-Densidad</b>				
	<b>lineal</b>	<b>logarítmico</b>	<b>Exponencial</b>	<b>Potencial</b>	<b>Cúbica</b>
D1(7,14,28)	0.3430	0.3464	0.3432	0.3467	0.4542
D2(14,21,28)	0.3002	0.3097	0.3007	0.3101	<b>0.8015</b>
D3 (7,21,28)	0.3177	0.3223	0.3179	0.3225	0.3999
D4 (7,14,21,28)	0.3100	0.3139	0.3103	0.3141	0.4423
D5(prom. Únic.)	0.4683	0.4809	0.4688	0.4813	<b>0.9946</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observan los coeficientes de determinación, que indican el grado de dependencia y correlación de la velocidad de pulso ultrasónico y la densidad de las muestras cilíndricas de concreto, agrupadas a diferentes edades, pero que consideran todas las resistencias de diseño propuestas en la investigación, 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>.

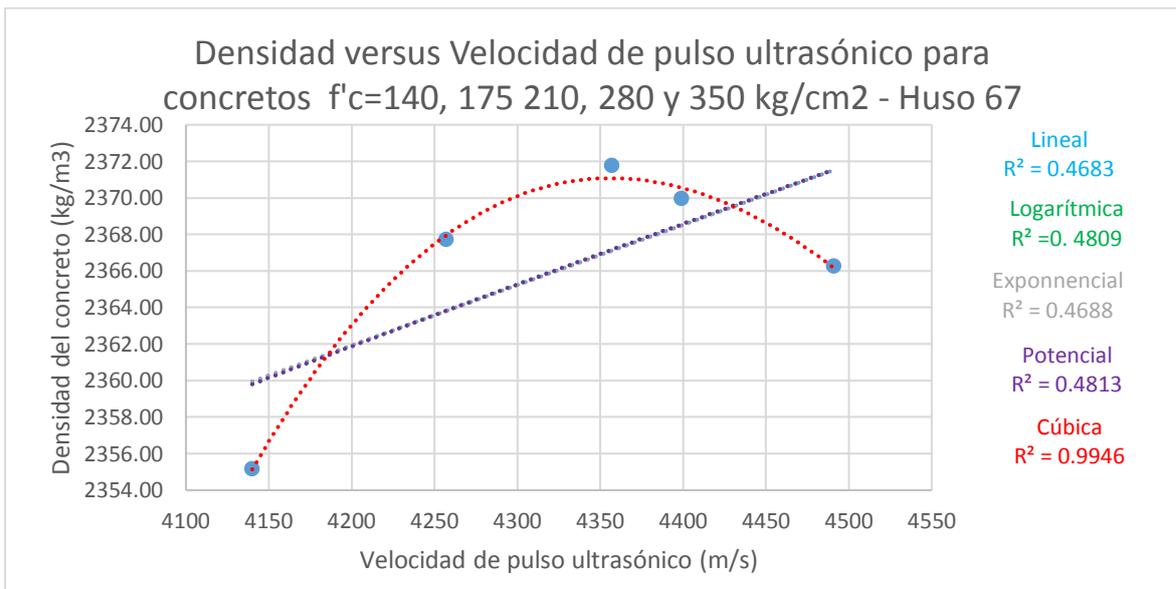
El coeficiente de determinación más cercano a 1, es el que presenta una mayor dependencia entre las variables Densidad y Velocidad, que en este caso se da en el modelo de aproximación cúbica, en los grupos **D2** con **R<sup>2</sup>=0.8015** y **D5 (promedios únicos)** con **R<sup>2</sup>=0.9946**, para los cuales analizaremos sus porcentajes residuales.

**Gráfica 14 Curvas de tendencia para Densidad versus Velocidad de pulso, grupo D2, Huso 67.**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 15 Curvas de tendencia para Densidad versus Velocidad de pulso, grupo D5, huso 67**



Fuente: Elaboración propia

### **6.3 Análisis estadístico de resultados de velocidad y resistencia de muestras cilíndricas de 2”x4”-huso 8**

Bajo criterios estadísticos de agrupación de datos, es que se realizó la siguiente tabla, donde las muestras fueron agrupadas a tres  $f'c$  de diseño distintos (140, 175 y 210; 175, 210 y 280; 210, 280 y 350), a cuatro  $f'c$  de diseño distintos (140, 175, 210 y 280 ; 175, 210, 280 y 350) y finalmente los cuatro  $f'c$  de diseño (140, 175, 210, 280 y 350).

Se consideró los grupos G1', G2', G3', G4', G5' y G6', donde G1', G2' y G3', combina tres resistencias de diseño distintas; G4' y G5', combina cuatro resistencias distintas; y finalmente G6', que considera las cinco resistencias de diseño.

*Tabla elaborada 46 Coeficientes de determinación para Resistencia versus Velocidad de pulso, Huso 8*

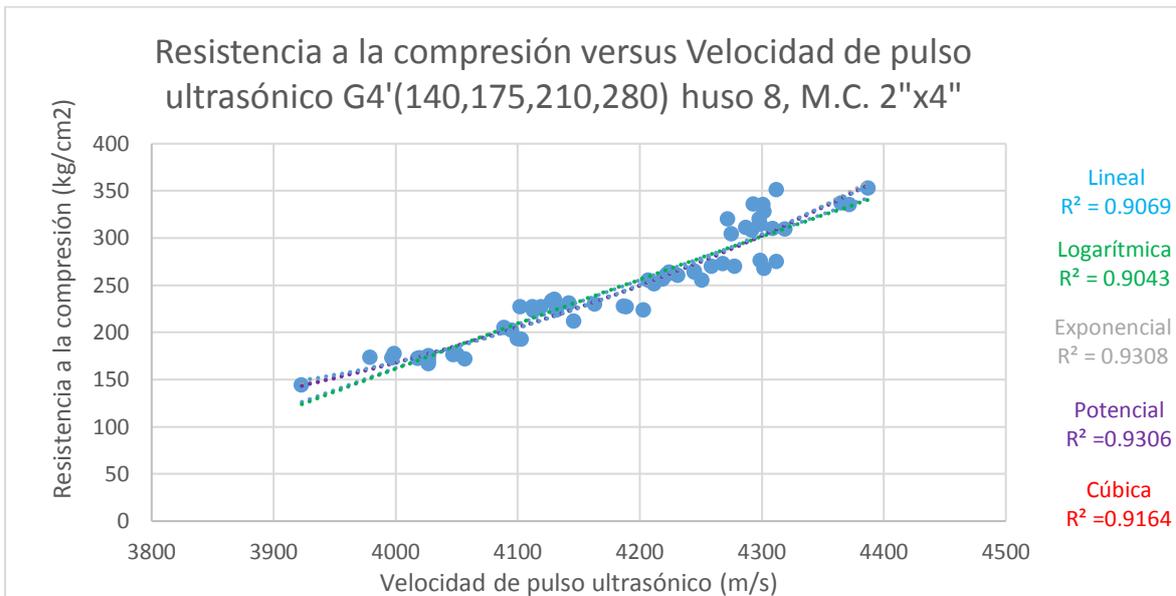
Grupo	R <sup>2</sup> para modelos de regresión estadística Velocidad - Resistencia				
	Lineal	Logarítmico	exponencial	Potencial	Cúbica
G1'(140,175,210)	0.9249	0.9256	0.9158	0.9180	0.9327
G2'(175,210,280)	0.8150	0.8129	0.8375	0.8362	0.8420
G3'(210,280,350)	0.6998	0.7011	0.7033	0.705	0.7160
G4'(140,175,210,280)	0.9069	0.9042	<b>0.9308</b>	0.9306	0.9164
G5'(175,210,280,350)	0.8300	0.8282	0.8553	0.8527	0.8549
G6'(140,175,210,280,350)	0.8991	0.8959	<b>0.9307</b>	0.9304	0.9122

Fuente: Elaboración propia

Se desestima los coeficientes de determinación cúbica para G1' con  $R^2 = 0.9327$ , ya que se considera que, la cantidad de datos no es representativa.

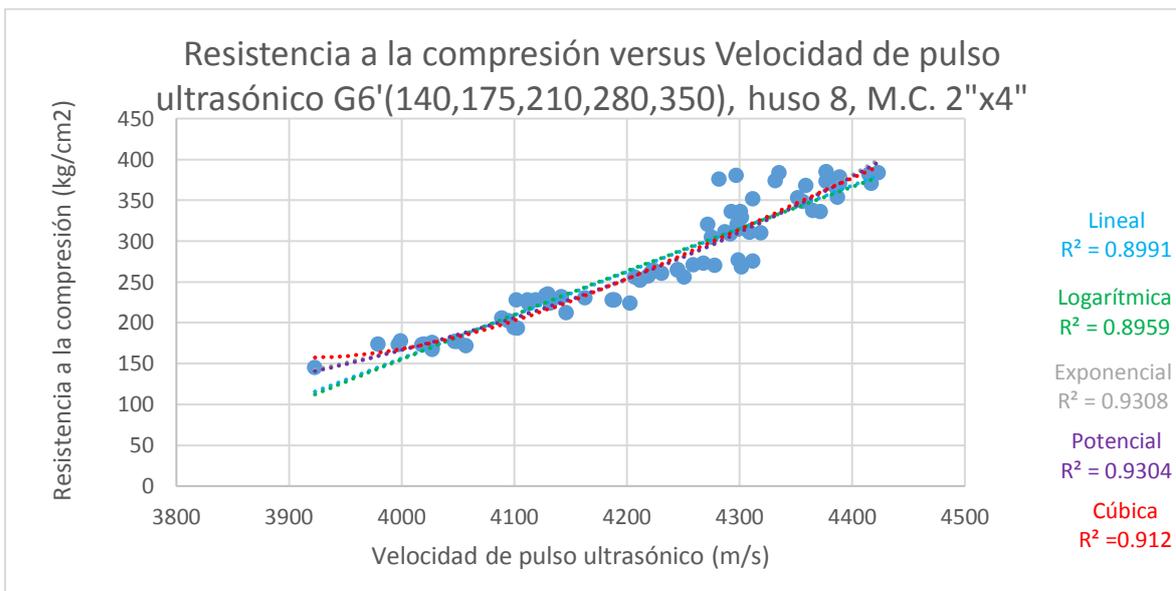
Los grupos G4' y G6', para el modelo de regresión exponencial, son los que muestran mayor coeficiente de determinación, siendo estas **0.9308** y **0.9307**, respectivamente. A los datos de estos grupos se determinará sus porcentajes residuales, con lo cual se tomará una mejor decisión.

**Gráfica 16** Curvas de tendencia para Resistencia a la compresión versus Velocidad de pulso, grupo G4'- Huso 8



Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 17** Curvas de tendencia para Resistencia a la compresión versus Velocidad de pulso, grupo G6'- Huso 8



Fuente: Elaboración propia

#### 6.4 Análisis estadístico de resultados de velocidad y densidad de muestras cilíndricas de 2"x4"-huso 8

*Tabla elaborada 47 Coeficientes de determinación para diferentes modelos de regresión, Velocidad-Densidad, M.C. 2"x4"*

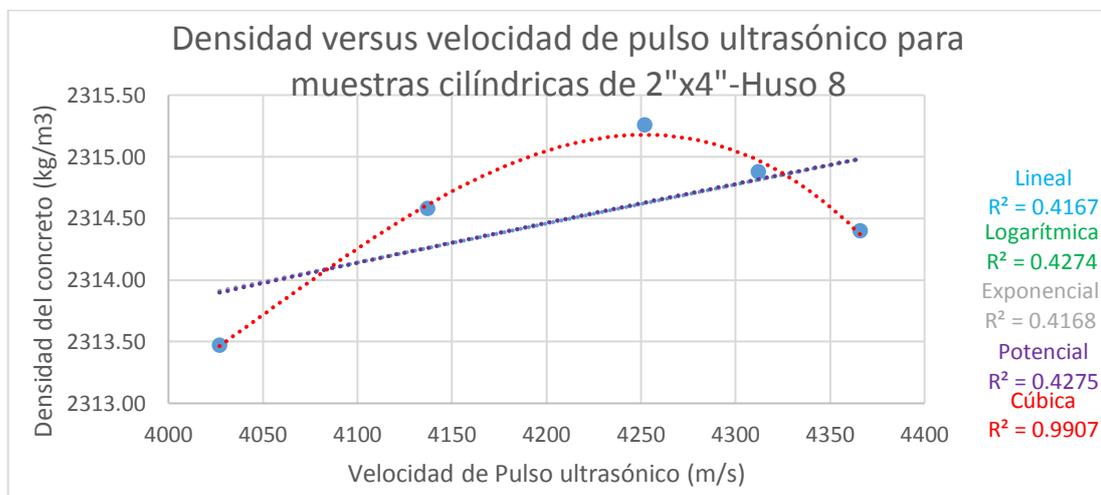
Código	R <sup>2</sup> para modelos de regresión estadística Velocidad - Densidad					
	Lineal	Logarítmico	Cuadrático	Exponencial	Potencial	Cúbica
Huso 8 (M.C. 2"x4")	0.4167	0.4265	0.97	0.4168	0.4265	0.9907

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior, se observan los coeficientes de determinación, que indican el grado de dependencia y correlación de la velocidad de pulso ultrasónico y la Densidad de las muestras cilíndricas de concreto a edad de 28 días para resistencias de diseño de 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup>.

El coeficiente de determinación más cercano a 1, es el que presenta una mayor dependencia entre las variables Densidad y Velocidad, por lo cual se determina que el modelo cúbico es el más apropiado con **R<sup>2</sup> = 0.9907**.

**Gráfica 18 Curvas de tendencia para Velocidad versus Densidad – Huso 8**



Fuente: Elaboración propia

### **6.5 Análisis estadístico de resultados de resistencia obtenida con velocidad de pulso y resistencia triaxial de muestras cilíndricas de 2”x4”-huso 8**

Se realizó un análisis de los resultados del ensayo triaxial, en la que se comparó la resistencia calculada con prueba de ultrasonido y la resistencia alcanzada en el ensayo triaxial.

*Tabla elaborada 48 Esfuerzos máximos triaxiales para muestras cilíndricas de 2”x4” – Huso 8*

<b>Código</b>	<b><math>\sigma_3</math> (MPa)</b>	<b><math>f'_c</math> máximo triaxial (MPa)</b>	<b><math>f'_c</math> ultrasónico (Mpa)</b>	<b><math>\sigma_3/f'_c</math> ultras.</b>	<b><math>f'_c</math> máx./<math>f'_c</math> ultras.</b>
140-28	3	32.40	18	0.17	1.80
	5	38.02	19.8	0.25	1.92
	7	40.20	20	0.35	2.01
175-28	3	35.60	20	0.15	1.78
	5	40.11	21	0.24	1.91
	7	45.77	23	0.30	1.99
210-28	3	44.75	25	0.12	1.79
	5	51.57	27	0.19	1.91
	7	54.61	26.9	0.26	2.03
280-28	1	59.07	33	0.03	1.79
	3	64.86	34.5	0.09	1.88
	5	67.80	33.4	0.15	2.03
350-28	1	62.24	38.9	0.03	1.60
	3	66.86	39.8	0.08	1.68
	5	70.80	40	0.13	1.77

Fuente: Elaboración propia

### **6.6 Análisis estadístico de porcentajes residuales**

Para una comprobación de resultados, es necesario calcular los porcentajes residuales en función de los datos reales, tomados en campo y los datos estimados con las fórmulas halladas en la investigación. Para ello se resta el dato real del dato estimado, dividido por el dato real, y todo ello multiplicado por 100.

$$\text{Porcentaje residual} = \frac{\text{Dato real} - \text{Dato estimado}}{\text{dato real}} \times 100$$

**6.6.1 Porcentajes residuales para ecuación Velocidad -Resistencia, huso 67, muestras cilíndricas 4”x8”.**

El modelo de regresión estadística cúbica, es el que presentó mayor confiabilidad en la obtención de ecuaciones Velocidad de pulso ultrasónico-Resistencia a la compresión, en los grupos G4, G5 y G7, por lo cual, se hizo necesario realizar el estudio de sus porcentajes residuales y determinar el grado de precisión en el cálculo de la resistencia a la compresión utilizando cada ecuación obtenida para cada grupo.

Para el grupo G4 (7, 14 y 28), cuyo R<sup>2</sup> =0.9838, se utilizó la ecuación cúbica

$$r = 1.2014 * 10^{-6} * v^3 - 1.3928 * 10^{-2} * v^2 + 5.3787 * 10^1 * v - 6.9056 * 10^4$$

Donde:                      r= Resistencia a la compresión del concreto.

                                    v= Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto.

**Tabla elaborada 49 Porcentajes residuales para Ecuación cúbica Resistencia-Velocidad, grupo G4 – Huso 67**

Código	Edad (días)	f'c (kg/cm2) promedio	Velocidad ultrasónica promedio (m/s)	f'c (kg/cm2) calculado con fórmula	Diferencia f'c prom y f'c calculado	% residual
07-140	7	133.70	3863	135.55	-1.85	-1.38
14-140	14	167.18	4202	169.55	-2.37	-1.42
28-140	28	187.30	4244	187.52	-0.22	-0.12
07-175	7	157.64	4121	146.54	11.10	7.04
14-175	14	191.66	4280	206.75	-15.09	-7.87
28-175	28	226.11	4309	225.05	1.06	0.47
07-210	7	203.30	4288	211.54	-8.24	-4.05
14-210	14	259.63	4364	267.3	-7.67	-2.95
28-210	28	288.27	4387	288.13	0.14	0.05
07-280	7	246.32	4348	253.94	-7.62	-3.09
14-280	14	307.75	4400	300.78	6.97	2.26
28-280	28	348.99	4421	322.6	26.39	7.56
07-350	7	307.66	4399	299.78	7.88	2.56

Código	Edad (días)	f'c (kg/cm2) promedio	Velocidad ultrasónica promedio (m/s)	f'c (kg/cm2) calculado con fórmula	Diferencia f'c prom y f'c calculado	% residual
14-350	14	387.73	4491	408.48	-20.75	-5.35
28-350	28	436.83	4509	434.04	2.79	0.64

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla anterior, que el mayor porcentaje residual con sobreestimación de la resistencia real, corresponde al -7.87%, y el mayor porcentaje con subestimación de la resistencia real promedio, corresponde al 7.56%.

Para el grupo G5 (14, 21 y 28), cuyo  $R^2 = 0.9726$ , se utilizó la ecuación cúbica

$$r = 1.4261 * 10^{-5} * v^3 - 1.8788 * 10^{-1} * v^2 - 8.2389 * 10^2 * v + 1.2030 * 10^6$$

**Tabla elaborada 50 Porcentajes Residuales para Ecuación cúbica Resistencia-Velocidad, grupo G5-Huso 67**

Código	Edad (días)	f'c (kg/cm2) promedio	Velocidad ultrasónica promedio (m/s)	f'c (kg/cm2) calculado con fórmula	Diferencia f'c prom. y f'c calcul.	% residual
14-140	14	167.18	4202	185.84	-18.66	-11.16
21-140	21	177.48	4249	183.72	-6.24	-3.52
28-140	28	187.30	4244	182.51	4.79	2.56
14-175	14	191.66	4280	197.59	-5.93	-3.09
21-175	21	210.79	4316	225.02	-14.23	-6.75
28-175	28	226.11	4309	218.91	7.20	3.18
14-210	14	259.63	4364	273.9	-14.27	-5.50
21-210	21	270.03	4390	303.23	-33.20	-12.29
28-210	28	288.27	4387	299.82	-11.55	-4.01
14-280	14	307.75	4400	314.62	-6.87	-2.23
21-280	21	321.01	4427	344.74	-23.73	-7.39
28-280	28	348.99	4421	338.18	10.81	3.10
14-350	14	387.73	4491	404.19	-16.46	-4.25
21-350	21	406.39	4566	427.77	-21.38	-5.26
28-350	28	436.83	4509	415.58	21.25	4.86

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla anterior, que el mayor porcentaje residual con sobreestimación de la resistencia real promedio, corresponde al -12.29%, y el mayor porcentaje con subestimación de la resistencia real promedio, corresponde al 4.86%.

Para el grupo G7(7, 14, 21 y 28), cuyo  $R^2 = 0.9726$ , se utilizó la ecuación cúbica

$$r = -8.7446 * 10^{-7} * v^3 + 1.2061 * 10^{-2} * v^2 - 5.4523 * 10 * v + 8.1183 * 10^4$$

*Tabla elaborada 51 Porcentajes residuales para Ecuación cúbica Resistencia – Velocidad, grupo G7, huso 67.*

Código	Edad (días)	f'c (kg/cm2) real promedio	Velocidad ultrasónica promedio (m/s)	f'c (kg/cm2) calculado con fórmula	% residual
07-140	7	133.70	3863	134.47	-0.58
14-140	14	167.18	4202	156.48	6.40
21-140	21	177.48	4249	182.98	-3.10
28-140	28	187.30	4244	179.96	3.92
07-175	7	157.64	4121	121.86	<b>22.70</b>
14-175	14	191.66	4280	202.71	-5.77
21-175	21	210.79	4316	227.62	-7.98
28-175	28	226.11	4309	222.62	1.54
07-210	7	203.30	4288	208.07	-2.35
14-210	14	259.63	4364	263.77	-1.59
21-210	21	270.03	4390	284.56	-5.38
28-210	28	288.27	4387	282.12	2.13
07-280	7	246.32	4348	251.37	-2.05
14-280	14	307.75	4400	292.76	4.87
21-280	21	321.01	4427	315.4	1.75
28-280	28	348.99	4421	310.31	11.08
07-350	7	307.66	4399	291.93	5.11
14-350	14	387.73	4491	371.48	4.19
21-350	21	406.39	4566	440.01	<b>-8.27</b>
28-350	28	436.83	4509	387.73	11.24

Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje residual o por defecto o subestimación es de 22.70% y el menor porcentaje residual o por exceso o sobreestimación es de -8.27%.

### 6.6.2 Porcentajes residuales para ecuación Densidad - Velocidad, huso 67, muestras cilíndricas 4”x8”

Los grupos D2(14,21,28) y el D5(promedios únicos), son los que presentaron mayor coeficiente de determinación en el modelo de regresión estadística cúbica en la obtención de ecuaciones Velocidad-Densidad para muestras cilíndricas de 4”x8”, por lo cual, se hizo necesario realizar el estudio de sus porcentajes residuales y determinar el grado de precisión en el cálculo de la densidad.

Para D2 (14,21,28), con  $R^2 = 0.8015$ , se trabajó con la siguiente fórmula:

$$d = 1.00661 * 10^{-6} * v^3 - 1.36103 * 10^{-2} * v^2 + 6.13014 * 10^1 * v - 8.96075 * 10^4$$

Donde:

d= Densidad del concreto (kg/m3)

v= Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)

**Tabla elaborada 52 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D2 – Huso 67**

f'c de diseño (kg/cm2)	Edad (días)	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)	Densidad promedio real (kg/m3)	Densidad obtenida con fórmula	Diferencia de densidad real y estimada	Porcentaje residual
140	14	4202	2355.72	2350.90	4.82	0.20
140	21	4249	2355.45	2360.29	-4.84	-0.21
140	28	4244	2354.04	2359.47	-5.43	-0.23
175	14	4280	2366.51	2364.57	1.94	0.08
175	21	4316	2368.82	2367.89	0.93	0.04
175	28	4309	2369.22	2367.37	1.85	0.08
210	14	4364	2372.83	2370.04	2.79	0.12
210	21	4390	2371.73	2370.34	1.39	0.06
210	28	4387	2370.67	2370.33	0.34	0.01
280	14	4400	2370.00	2370.32	-0.32	-0.01
280	21	4427	2369.53	2369.96	-0.43	-0.02
280	28	4421	2370.08	2370.07	0.01	0.00
350	14	4491	2365.41	2367.92	-2.51	-0.11

<b>f'c de diseño (kg/cm2)</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Densidad promedio real (kg/m3)</b>	<b>Densidad obtenida con fórmula</b>	<b>Diferencia de densidad real y estimada</b>	<b>Porcentaje residual</b>
350	21	4566	2366.82	2365.14	1.68	0.07
350	28	4509	2366.23	2367.20	-0.97	-0.04

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestra que existe hasta un -0.23% de sobreestimación en la densidad del concreto y hasta un 0.20% de subestimación del mismo.

Para D5 (promedios únicos), cuyo  $R^2 = 0.9946$  se trabajó con la siguiente fórmula:

$$d = 1.98985 * 10^{-7} * v^3 - 2.89813 * 10^{-3} * v^2 + 1.39216 * 10^1 * v - 1.97273 * 10^4$$

Donde:

d= Densidad del concreto (kg/m3).

v= Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto (m/s).

*Tabla elaborada 53 Porcentajes residuales de la Ecuación cúbica Densidad- Velocidad, grupo D5- Huso 67 (con promedios únicos)*

<b>f'c de diseño (kg/cm2)</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Densidad promedio real (kg/m3)</b>	<b>Densidad obtenida con fórmula</b>	<b>Diferencia de densidad real y estimada</b>	<b>Porcentaje residual</b>
140	4140	2355.17	2354.9	0.27	0.01
175	4257	2367.73	2367.71	0.01	0.00
210	4357	2371.78	2370.83	0.95	0.04
280	4399	2369.95	2370.31	-0.36	-0.02
350	4491	2366.25	2365.92	0.33	0.01

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que existe hasta un -0.02% de sobreestimación en la densidad del concreto y hasta un 0.04% de subestimación del mismo, lo que indica que existe una fuerte aproximación en el cálculo de las densidades mediante el ensayo de pulso ultrasónico.

Para una mejor comprobación de porcentajes residuales y antes de afirmar que se tiene un porcentaje residual de cero, se hizo importante realizar un contraste de resultados con los datos de densidades por edad y resistencia.

*Tabla elaborada 54 Porcentajes residuales de la ecuación cúbica Densidad-Velocidad, grupo D5 – Huso 67 (con promedios parciales)*

Código	Edad	Velocidad de pulso (m/s)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad calculada con fórmula	Diferencia Densidad real y Densidad calculada	% residual
07-140	7	3863	2355.45	2274.54	80.91	3.44
14-140	14	4202	2355.72	2363.02	-7.30	-0.31
21-140	21	4249	2355.45	2367.16	-11.71	-0.5
28-140	28	4244	2354.04	2366.8	-12.76	-0.54
07-175	7	4121	2366.35	2351.77	14.58	0.62
14-175	14	4280	2366.51	2369.02	-2.51	-0.11
21-175	21	4316	2368.82	2370.34	-1.52	-0.06
28-175	28	4309	2369.22	2370.15	-0.93	-0.04
07-210	7	4288	2371.88	2369.38	2.50	0.11
14-210	14	4364	2372.83	2370.82	2.01	0.08
21-210	21	4390	2371.73	2370.5	1.23	0.05
28-210	28	4387	2370.67	2370.56	0.11	0.00
07-280	7	4348	2370.19	2370.81	-0.62	-0.03
14-280	14	4400	2370.00	2370.28	-0.28	-0.01
21-280	21	4427	2369.53	2369.42	0.11	0.00
28-280	28	4421	2370.08	2369.64	0.44	0.02
07-350	7	4399	2366.55	2370.31	-3.76	-0.16
14-350	14	4491	2365.41	2365.92	-0.51	-0.02
21-350	21	4566	2366.82	2359.58	7.24	0.31
28-350	28	4509	2366.23	2364.6	1.63	0.07

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que existe hasta un 3.44% de subestimación de la densidad real del concreto, y también un -0.54% de sobrestimación.

### 6.6.3 Porcentajes residuales para ecuación velocidad - resistencia, huso 8, muestras cilíndricas 2”x4”

El modelo de regresión estadística exponencial, es el que presentó mayor confiabilidad en la obtención de ecuaciones Velocidad de pulso ultrasónico-Resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas de 2”x4”, por lo cual, se hizo necesario realizar el estudio de sus porcentajes residuales y determinar el grado de precisión en el cálculo de la Resistencia a la

compresión de testigos cilíndricos, utilizando las ecuaciones que tengan mejor coeficiente de determinación, que en este caso son los dos siguientes:

Para el grupo G4'(140,175,210,280), cuyo  $R^2 = 0.9308$ , se utilizó la ecuación exponencial :

$$r = 6.7604 * 10^{-2} * e^{1.9552 * 10^{-3} * v}$$

Donde: r= Resistencia a la compresión del concreto (kg/m3)

V= Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)

**Tabla elaborada 55 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia-Velocidad, grupo G4'- Huso 8 (resist. Diseño 140 y 175 kg/cm2)**

Briqueta	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)	f'c real (kg/cm2)	f'c fórm. (kg/cm2)	f'c real-f'c form. (kg/cm2)	% residual
28-140-01	4057	171.87	188.32	-16.45	-9.57
28-140-02	4027	175.23	177.59	-2.36	-1.35
28-140-03	4047	176.58	184.68	-8.1	-4.59
28-140-04	3923	144.65	144.92	-0.27	-0.19
28-140-05	4027	166.91	177.59	-10.68	-6.4
28-140-06	4050	176.87	185.76	-8.89	-5.03
28-140-07	4027	170.12	177.59	-7.47	-4.39
28-140-08	3979	173.49	161.69	11.8	6.8
28-140-09	4100	193.52	204.84	-11.32	-5.85
28-140-10	4103	193.03	206.05	-13.02	-6.75
28-140-11	4020	173.31	175.18	-1.87	-1.08
28-140-12	4018	172.71	174.5	-1.79	-1.04
28-140-13	3997	173.2	167.48	5.72	3.3
28-140-14	3999	177.55	168.13	9.42	5.31
28-140-15	4027	174.46	177.59	-3.13	-1.79
28-175-01	4128	233.67	216.37	17.3	7.4
28-175-02	4130	235.12	217.22	17.9	7.61
28-175-03	4102	227.38	205.64	21.74	9.56
28-175-04	4113	223.13	210.11	13.02	5.84
28-175-05	4095	202.23	202.85	-0.62	-0.31
28-175-06	4089	205.3	200.48	4.82	2.35
28-175-07	4146	212.05	224.12	-12.07	-5.69
28-175-08	4163	230.29	231.69	-1.4	-0.61
28-175-09	4112	227.47	209.7	17.77	7.81

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>f'c real (kg/cm2)</b>	<b>f'c fórm. (kg/cm2)</b>	<b>f'c real-f'c fórm. (kg/cm2)</b>	<b>% residual</b>
28-175-10	4189	227.38	243.77	-16.39	-7.21
28-175-11	4203	224	250.54	-26.54	-11.85
28-175-12	4132	224	218.07	5.93	2.65
28-175-13	4119	227.38	212.59	14.79	6.5
28-175-14	4142	231.25	222.37	8.88	3.84
28-175-15	4187	227.87	242.82	-14.95	-6.56

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 56 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia Velocidad, grupo G4' – Huso 8. (Resist. Diseño 210 y 280 kg/cm2)*

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>f'c real (kg/cm2)</b>	<b>f'c fórm. (kg/cm2)</b>	<b>f'c real-f'c fórm. (kg/cm2)</b>	<b>% residual</b>
28-210-01	4222	261.25	260.02	1.23	0.47
28-210-02	4231	260.28	264.64	-4.36	-1.68
28-210-03	4212	251.57	254.99	-3.42	-1.36
28-210-04	4251	255.42	275.19	-19.77	-7.74
28-210-05	4224	264.1	261.04	3.06	1.16
28-210-06	4268	272.86	284.49	-11.63	-4.26
28-210-07	4299	276.25	302.27	-26.02	-9.42
28-210-08	4312	275.28	310.05	-34.77	-12.63
28-210-09	4278	269.88	290.11	-20.23	-7.5
28-210-10	4259	270.36	279.53	-9.17	-3.39
28-210-11	4302	268.02	304.05	-36.03	<b>-13.44</b>
28-210-12	4245	264.04	271.98	-7.94	-3.01
28-210-13	4245	265.12	271.98	-6.86	-2.59
28-210-14	4207	255.4	252.51	2.89	1.13
28-210-15	4219	256.89	258.5	-1.61	-0.63
28-280-01	4387	353.17	359.02	-5.85	-1.66
28-280-02	4365	337.20	343.9	-6.7	-1.99
28-280-03	4372	335.75	348.64	-12.89	-3.84
28-280-04	4302	328.50	304.05	24.45	7.44
28-280-05	4298	320.48	301.68	18.8	5.87
28-280-06	4312	351.33	310.05	41.28	<b>11.75</b>
28-280-07	4299	314.47	302.27	12.2	3.88
28-280-08	4287	311.08	295.26	15.82	5.09
28-280-09	4275	304.79	288.41	16.38	5.37

28-280-10	4292	308.66	298.16	10.5	3.4
28-280-11	4272	320.48	286.73	33.75	10.53
28-280-12	4293	335.90	298.74	37.16	11.06
28-280-13	4301	335.75	303.45	32.3	9.62
28-280-14	4319	309.63	314.32	-4.69	-1.51
28-280-15	4309	310.36	308.24	2.12	0.68

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que existe hasta un 11.75% de subestimación de la densidad real del concreto, y también un -13.44% de sobrestimación.

Para el grupo G6'(140,175,210,280,350), cuyo  $R^2 = 0.9307$ , se utilizó la ecuación exponencial :  $r = 4.4379 * 10^{-2} * e^{2.0587 * 10^{-3} * v}$

**Tabla elaborada 57 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia – Velocidad, grupo G6'- Huso 8. (Resist. Diseño 140 y 175 kg/cm2)**

Briqueta	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)	f'c real (kg/cm2)	f'c fórm. (kg/cm2)	f'c real-f'c form. (kg/cm2)	% residual
28-140-01	4057	171.87	188.13	-16.26	-9.46
28-140-02	4027	175.23	176.87	-1.64	-0.94
28-140-03	4047	176.58	184.3	-7.72	-4.37
28-140-04	3923	144.65	142.78	1.87	1.29
28-140-05	4027	166.91	176.87	-9.96	-5.97
28-140-06	4050	176.87	185.44	-8.57	-4.85
28-140-07	4027	170.12	176.87	-6.75	-3.97
28-140-08	3979	173.49	160.22	13.27	7.65
28-140-09	4100	193.52	205.55	-12.03	-6.22
28-140-10	4103	193.03	206.82	-13.79	-7.14
28-140-11	4020	173.31	174.34	-1.03	-0.59
28-140-12	4018	172.71	173.62	-0.91	-0.53
28-140-13	3997	173.2	166.27	6.93	4
28-140-14	3999	177.55	166.96	10.59	5.96
28-140-15	4027	174.46	176.87	-2.41	-1.38
28-175-01	4128	233.67	217.75	15.92	6.81
28-175-02	4130	235.12	218.64	16.48	7.01
28-175-03	4102	227.38	206.4	20.98	9.23
28-175-04	4113	223.13	211.12	12.01	5.38
28-175-05	4095	202.23	203.44	-1.21	-0.6
28-175-06	4089	205.3	200.95	4.35	2.12

28-175-07	4146	212.05	225.97	-13.92	-6.56
28-175-08	4163	230.29	234.01	-3.72	-1.62
28-175-09	4112	227.47	210.69	16.78	7.38
28-175-10	4189	227.38	246.88	-19.5	-8.58
28-175-11	4203	224	254.1	-30.1	-13.44
28-175-12	4132	224	219.55	4.45	1.99
28-175-13	4119	227.38	213.75	13.63	5.99
28-175-14	4142	231.25	224.11	7.14	3.09
28-175-15	4187	227.87	245.87	-18	-7.9

Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 58 Porcentajes Residuales para Ecuación exponencial Resistencia – Velocidad, grupo G6' – Huso 8. (Resist. Diseño 210 y 280 kg/cm2)**

Briqueta	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)	f'c real (kg/cm2)	f'c fórm. (kg/cm2)	f'c real-f'c fórm. (kg/cm2)	% residual
28-210-01	4222	261.25	264.24	-2.99	-1.14
28-210-02	4231	260.28	269.18	-8.9	-3.42
28-210-03	4212	251.57	258.85	-7.28	-2.89
28-210-04	4251	255.42	280.49	-25.07	-9.82
28-210-05	4224	264.1	265.33	-1.23	-0.47
28-210-06	4268	272.86	290.48	-17.62	-6.46
28-210-07	4299	276.25	309.63	-33.38	-12.08
28-210-08	4312	275.28	318.02	-42.74	-15.53
28-210-09	4278	269.88	296.52	-26.64	-9.87
28-210-10	4259	270.36	285.15	-14.79	-5.47
28-210-11	4302	268.02	311.54	-43.52	-16.24
28-210-12	4245	264.04	277.05	-13.01	-4.93
28-210-13	4245	265.12	277.05	-11.93	-4.5
28-210-14	4207	255.4	256.2	-0.8	-0.31
28-210-15	4219	256.89	262.61	-5.72	-2.23
28-280-01	4387	353.17	371.12	-17.95	-5.08
28-280-02	4365	337.20	354.69	-17.49	-5.19
28-280-03	4372	335.75	359.84	-24.09	-7.17
28-280-04	4302	328.50	311.54	16.96	5.16
28-280-05	4298	320.48	308.99	11.49	3.59
28-280-06	4312	351.33	318.02	33.31	9.48
28-280-07	4299	314.47	309.63	4.84	1.54
28-280-08	4287	311.08	302.07	9.01	2.9
28-280-09	4275	304.79	294.7	10.09	3.31
28-280-10	4292	308.66	305.2	3.46	1.12
28-280-11	4272	320.48	292.88	27.6	8.61
28-280-12	4293	335.90	305.82	30.08	8.96

28-280-13	4301	335.75	310.9	24.85	7.4
28-280-14	4319	309.63	322.64	-13.01	-4.2
28-280-15	4309	310.36	316.07	-5.71	-1.84

Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 59 Porcentajes residuales para ecuación exponencial Resistencia – Velocidad, grupo G6’ – Huso 8. (Resist. Diseño 350 kg/cm<sup>2</sup>)**

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>f'c real (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'c fórm. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'c real-f'c fórm. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% residual</b>
28-350-01	4417	370.60	394.76	-24.16	-6.52
28-350-02	4356	348.54	348.18	0.36	0.1
28-350-03	4352	352.69	345.32	7.37	2.09
28-350-04	4359	367.68	350.33	17.35	4.72
28-350-05	4389	370.60	372.65	-2.05	-0.55
28-350-06	4377	373.00	363.56	9.44	2.53
28-350-07	4332	373.49	331.39	42.1	11.27
28-350-08	4389	378.33	372.65	5.68	1.5
28-350-09	4297	380.26	308.35	71.91	18.91
28-350-10	4282	375.90	298.98	76.92	20.46
28-350-11	4385	366.27	369.6	-3.33	-0.91
28-350-12	4335	383.16	333.44	49.72	12.98
28-350-13	4377	384.62	363.56	21.06	5.48
28-350-14	4423	383.16	399.67	-16.51	-4.31
28-350-15	4415	381.71	393.14	-11.43	-2.99

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que existe hasta un 20.46% de subestimación de la resistencia a la compresión real del concreto, y también un -16.24% de sobrestimación.

#### **6.6.4 Porcentajes residuales para ecuación Densidad - Velocidad, huso 8, muestras cilíndricas 2”x4”**

Para la obtención de esta ecuación, se trabajó con los promedios únicos de todos los datos, por lo tanto, se tiene un solo grupo, que lo llamaremos D1, cuyo coeficiente de determinación es  $R^2=0.9907$  y cuya ecuación cúbica, es:

$$d = -8.35009 * 10^{-8} * v^3 + 1.11269 * 10^{-3} * v^2 - 4.93129 * v + 9.58215 * 10^3$$

Donde: d= Densidad del concreto (kg/m3)

V= Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)

*Tabla elaborada 60 Porcentajes residuales de la Ecuación cúbica Densidad- Velocidad, huso 8. (promedios únicos)*

Briqueta	Velocidad ultrasónica promedio (m/s)	Densidad promedio real (kg/m3)	Densidad calculado con fórmula (kg/m3)	Diferencia Densidad real Densidad estimada	% residual
28-140	4027	2313.47	2313.53	-0.06	0
28-175	4137	2314.58	2314.67	-0.09	0
28-210	4252	2315.26	2315.25	0.01	0
28-280	4312	2314.88	2315.04	-0.16	-0.01
28-350	4366	2314.40	2314.44	-0.04	0

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje residual es cero, lo que indica que existe una fuerte aproximación en el cálculo de las densidades mediante en ensayo de pulso ultrasónico.

Para una mejor comprobación de porcentajes residuales y antes de afirmar que se tiene un porcentaje residual de cero, se hizo importante realizar un contraste de resultados con los datos de las densidades para cada briqueta estudiada.

*Tabla elaborada 61 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D1’ – Huso 8. (Resist. Diseño 140 y 175 kg/cm2)*

Briqueta	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)	Densidad (kg/m3)	Densidad con fórmula	diferencia densidad real y densidad estimada	% residual
28-140-01	4057	2292.45	2313.86	-21.41	-0.93
28-140-02	4027	2339.62	2313.53	26.09	1.12
28-140-03	4047	2303.32	2313.75	-10.43	-0.45
28-140-04	3923	2274.88	2312.51	-37.63	-1.65
28-140-05	4027	2336.49	2313.53	22.96	0.98

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad con fórmula</b>	<b>diferencia densidad real y densidad estimada</b>	<b>% residual</b>
28-140-06	4050	2330.19	2313.78	16.41	0.7
28-140-07	4027	2273.58	2313.53	-39.95	-1.76
28-140-08	3979	2298.58	2313.01	-14.43	-0.63
28-140-09	4100	2336.49	2314.32	22.17	0.95
28-140-10	4103	2336.49	2314.35	22.14	0.95
28-140-11	4020	2297.17	2313.45	-16.28	-0.71
28-140-12	4018	2322.27	2313.43	8.84	0.38
28-140-13	3997	2338.10	2313.2	24.90	1.06
28-140-14	3999	2314.29	2313.22	1.07	0.05
28-140-15	4027	2308.06	2313.53	-5.47	-0.24
28-175-01	4128	2331.75	2314.59	17.16	0.74
28-175-02	4130	2388.63	2314.61	74.02	3.10
28-175-03	4102	2319.05	2314.34	4.71	0.20
28-175-04	4113	2303.32	2314.45	-11.13	-0.48
28-175-05	4095	2312.80	2314.27	-1.47	-0.06
28-175-06	4089	2306.60	2314.2	-7.60	-0.33
28-175-07	4146	2270.14	2314.75	-44.61	-1.97
28-175-08	4163	2309.52	2314.89	-5.37	-0.23
28-175-09	4112	2308.06	2314.44	-6.38	-0.28
28-175-10	4189	2336.49	2315.06	21.43	0.92
28-175-11	4203	2251.18	2315.13	-63.95	-2.84
28-175-12	4132	2341.23	2314.63	26.60	1.14
28-175-13	4119	2319.05	2314.51	4.54	0.2
28-175-14	4142	2255.92	2314.72	-58.80	-2.61
28-175-15	4187	2364.93	2315.05	49.88	2.11

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 62 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D1’ – Huso 8. (Resist. Diseño 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>)*

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad con fórmula</b>	<b>diferencia densidad real y densidad estimada</b>	<b>% residual</b>
28-210-01	4222	2308.06	2315.2	-7.14	-0.31
28-210-02	4231	2327.01	2315.22	11.79	0.51
28-210-03	4212	2360.19	2315.17	45.02	1.91
28-210-04	4251	2317.54	2315.25	2.29	0.1

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Densidad con fórmula</b>	<b>diferencia densidad real y densidad estimada</b>	<b>% residual</b>
28-210-05	4224	2350.71	2315.21	35.50	1.51
28-210-06	4268	2341.23	2315.23	26.00	1.11
28-210-07	4299	2319.05	2315.12	3.93	0.17
28-210-08	4312	2331.75	2315.04	16.71	0.72
28-210-09	4278	2306.60	2315.21	-8.61	-0.37
28-210-10	4259	2301.89	2315.24	-13.35	-0.58
28-210-11	4302	2323.81	2315.11	8.70	0.37
28-210-12	4245	2264.15	2315.24	-51.09	-2.26
28-210-13	4245	2298.58	2315.24	-16.66	-0.72
28-210-14	4207	2273.58	2315.15	-41.57	-1.83
28-210-15	4219	2304.76	2315.19	-10.43	-0.45
28-280-01	4387	2379.15	2314.09	65.06	2.73
28-280-02	4365	2308.06	2314.46	-6.40	-0.28
28-280-03	4372	2342.86	2314.35	28.51	1.22
28-280-04	4302	2295.24	2315.11	-19.87	-0.87
28-280-05	4298	2279.62	2315.13	-35.51	-1.56
28-280-06	4312	2316.04	2315.04	1.00	0.04
28-280-07	4299	2270.14	2315.12	-44.98	-1.98
28-280-08	4287	2388.63	2315.18	73.45	3.07
28-280-09	4275	2312.80	2315.22	-2.42	-0.1
28-280-10	4292	2289.10	2315.16	-26.06	-1.14
28-280-11	4272	2360.19	2315.23	44.96	1.9
28-280-12	4293	2308.06	2315.15	-7.09	-0.31
28-280-13	4301	2284.36	2315.11	-30.75	-1.35
28-280-14	4319	2276.19	2314.99	-38.80	-1.7
28-280-15	4309	2312.80	2315.06	-2.26	-0.1

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 63 Porcentajes residuales para ecuación cúbica Densidad – Velocidad, grupo D1' – Huso 8. (Resist. Diseño 350 kg/cm2)*

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Densidad con fórmula</b>	<b>diferencia densidad real y densidad estimada</b>	<b>% residual</b>
28-350-01	4417	2284.36	2313.44	-29.08	-1.27
28-350-02	4356	2301.89	2314.59	-12.70	-0.55
28-350-03	4352	2300.00	2314.64	-14.64	-0.64

<b>Briqueta</b>	<b>Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad con fórmula</b>	<b>diferencia densidad real y densidad estimada</b>	<b>% residual</b>
28-350-04	4359	2369.67	2314.55	55.12	2.33
28-350-05	4389	2270.14	2314.05	-43.91	-1.93
28-350-06	4377	2279.62	2314.27	-34.65	-1.52
28-350-07	4332	2284.36	2314.87	-30.51	-1.34
28-350-08	4389	2366.67	2314.05	52.62	2.22
28-350-09	4297	2293.84	2315.13	-21.29	-0.93
28-350-10	4282	2298.58	2315.2	-16.62	-0.72
28-350-11	4385	2369.67	2314.12	55.55	2.34
28-350-12	4335	2308.06	2314.84	-6.78	-0.29
28-350-13	4377	2347.62	2314.27	33.35	1.42
28-350-14	4423	2270.14	2313.3	-43.16	-1.9
28-350-15	4415	2371.43	2313.49	57.94	2.44

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que existe hasta un 3.10% de subestimación de la resistencia a la compresión real del concreto, y también un -2.84% de sobrestimación.

A continuación, se muestra un resumen de los porcentajes residuales

*Tabla elaborada 64 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Resistencia-Velocidad - Huso 67*

<b>Grupo</b>	<b>Sobrevaloración</b>		<b>Subvaloración</b>	
	<b>Diferencia resist. Real y estimada (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje residual (%)</b>	<b>Diferencia resist. Real y estimada (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje residual (%)</b>
	G4(7-14-28)	-15.09	-7.87	26.39
G5(14-21-28)	-33.20	-12.29	21.25	4.86
G7(7-14-21-28)	-33.62	-8.27	35.78	22.70

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 65 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Densidad – Velocidad, Huso 67*

Grupo	Sobrevaloración		Subvaloración	
	Diferencia resist. Real y estimada (kg/m3)	Porcentaje residual (%)	Diferencia resist. Real y estimada (kg/m3)	Porcentaje residual (%)
D2(7-14-28)	-5.43	-0.23	231.30	9.82
D5(14-21-28)	-12.76	-0.54	80.91	3.44

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 66 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Resistencia-Velocidad, huso 8*

Grupo	Sobrevaloración		Subvaloración	
	Diferencia resist. Real y estimada (kg/cm2)	Porcentaje residual (%)	Diferencia resist. Real y estimada (kg/cm2)	Porcentaje residual (%)
G4'(7-14-28)	-36.03	-13.44	41.28	11.75
G6'(14-21-28)	-43.52	-16.24	76.92	20.46

Fuente: Elaboración propia

*Tabla elaborada 67 Resumen de porcentajes residuales para ecuación Densidad – Velocidad, huso 8*

Grupo	Sobrevaloración		Subvaloración	
	Diferencia resist. Real y estimada (kg/m3)	Porcentaje residual (%)	Diferencia resist. Real y estimada (kg/m2)	Porcentaje residual (%)
D1'	-63.95	-2.84	74.02	3.10

Fuente: Elaboración propia

### **6.7 Análisis estadístico de los dos Husos (huso 67 y huso 8) en la determinación de la resistencia y densidad**

Es importante conocer cuál es la relación ultrasónica de la resistencia y la densidad del concreto, si desconociéramos el TMN del agregado, por consiguiente, se hizo un análisis con los datos a los 28 días de edad del concreto.

*Tabla elaborada 68 Datos de velocidad, densidad y resistencia promedio para husos 67 y 8*

<b>Clase</b>	<b>f'c de diseño</b>	<b>Edad</b>	<b>Velocidad ultrasónica (m/s)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
huso 67	140	28	4244	2354.04	187.30
	175	28	4309	2369.22	226.11
	210	28	4387	2370.67	288.27
	280	28	4421	2370.08	348.99
	350	28	4509	2366.23	436.83
huso 8	140	28	4027	2313.47	174.23
	175	28	4137	2314.58	223.9
	210	28	4252	2315.26	264.45
	280	28	4312	2314.88	325.17
	350	28	4366	2314.40	372.67

Fuente: Elaboración propia

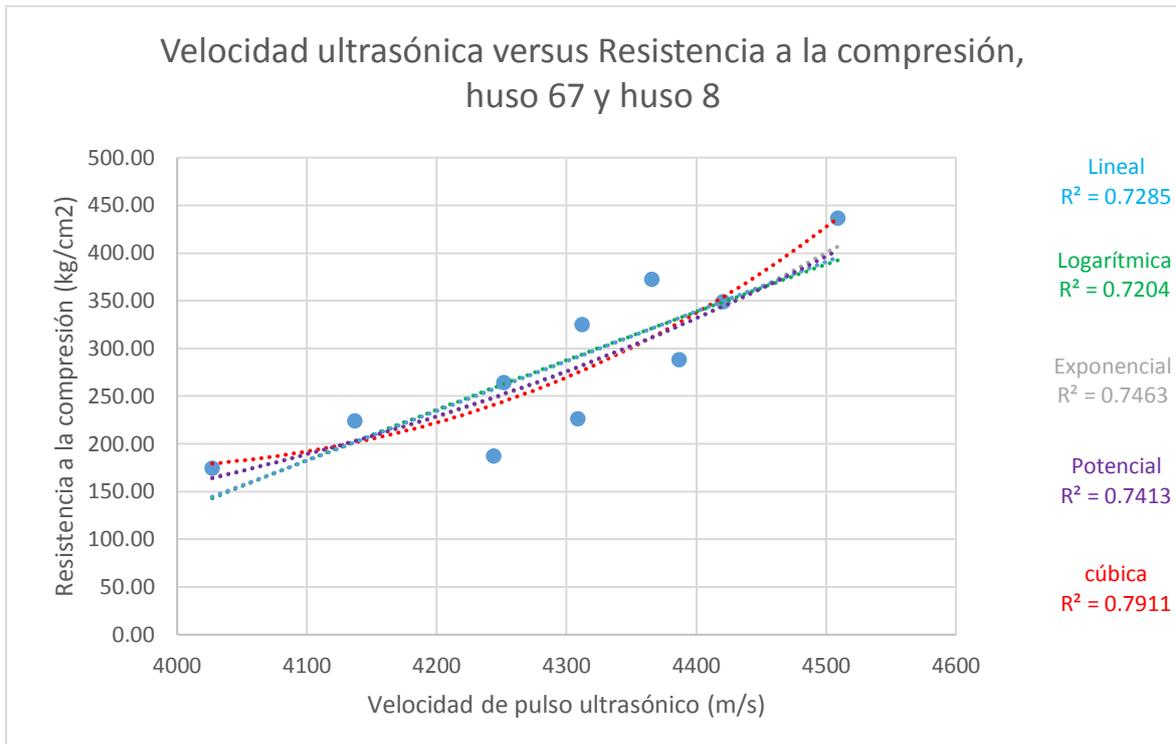
A estos datos se le hizo el análisis de coeficientes de determinación correspondiente, resultando:

*Tabla elaborada 69 Coeficientes de determinación para ecuación Resistencia – Velocidad para distintos modelos de regresión, huso 67 y huso 8.*

<b>Grupo</b>	<b>Coeficientes de correlación R<sup>2</sup></b>				
	Lineal	Logarítmico	Exponencial	Potencial	Cúbica
Huso 67 y	0.7285	0.7204	0.7463	0.7413	<b>0.7911</b>
Huso 8					

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 19 Líneas de tendencia para ecuación Resistencia- Velocidad (huso 67 y huso8)**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 20 Porcentajes residuales de ecuación cúbica Resistencia-Velocidad, huso 67 y huso 8**

Grupo	f'c de diseño	Edad	Velocidad ultrasónica (m/s)	Resistencia		diferencia	Porcentaje residual
				a la compresión (kg/cm2)	estimada (kg/cm2)		
huso 67	140	28	4244	187.30	239.97	-52.67	-28.12
	175	28	4309	226.11	274.02	-47.91	-21.19
	210	28	4387	288.27	326.2	-37.93	-13.16
	280	28	4421	348.99	353.12	-4.13	-1.18
	350	28	4509	436.83	435.52	1.31	0.3
huso 8	140	28	4027	174.23	178.5	-4.27	-2.45
	175	28	4137	223.9	200.53	23.37	10.44
	210	28	4252	264.45	243.72	20.73	7.84
	280	28	4312	325.17	275.79	49.38	15.19
	350	28	4366	372.67	310.87	61.80	16.58

Fuente: Elaboración propia

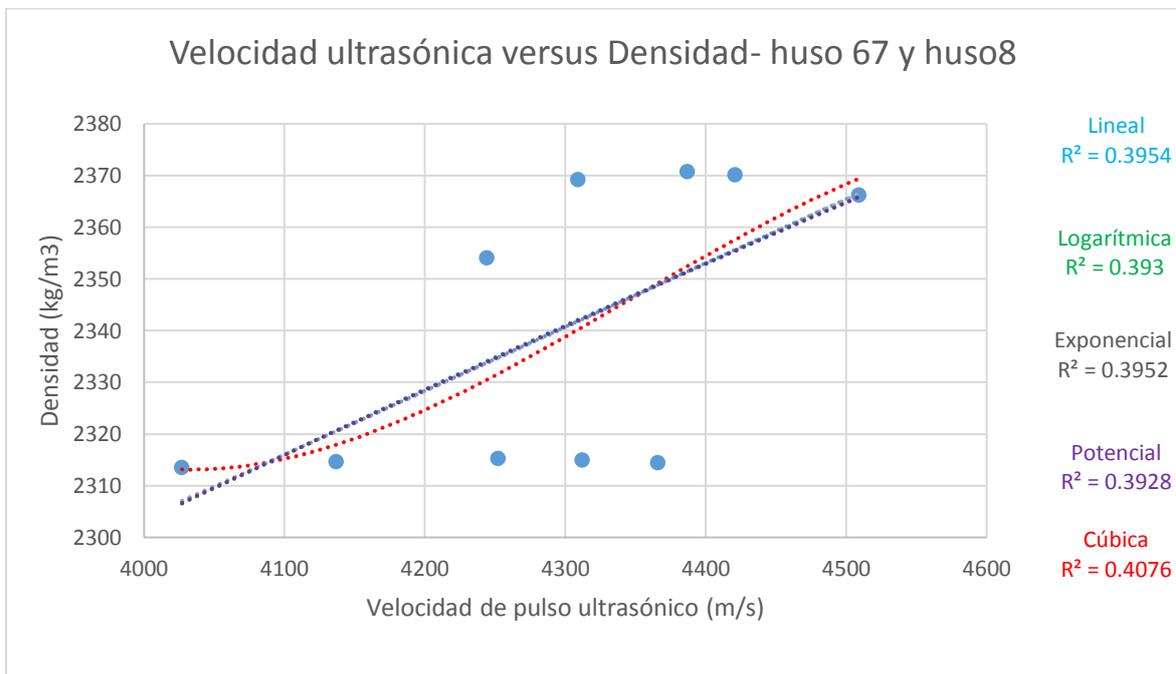
En la tabla anterior, se observa que existe hasta un 28.12% de sobreestimación de la resistencia a la compresión real del concreto, y también un 16.58% de subestimación.

**Tabla elaborada 70 Coeficientes de correlación para diferentes modelos de regresión de ecuación Densidad –Velocidad, huso 67 y huso 8**

Grupo	Coeficientes de correlación R2				
	Lineal	Logarítmico	Exponencial	Potencial	Cúbica
Huso 67 y	0.3954	0.3930	0.3952	0.3928	0.4076
Huso 8					

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 21 Curvas de Tendencia para ecuación Densidad-Velocidad, huso 67 y huso 8.**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 71 Porcentajes Residuales para ecuación Densidad – Velocidad, grupo Huso 67 y Huso 8.**

clase	f'c de diseño	Edad	Velocidad ultrasónica (m/s)	Densidad (kg/m3)	Densidad estimada	Diferencia Densidad real y Densidad estimada	Porcentaje Residual (%)
huso 67	140	28	4244	2354.04	2331.55	22.49	0.96
	175	28	4309	2369.22	2341.28	27.94	1.18
	210	28	4387	2370.67	2353.53	17.14	0.72

---

clase	f'c de diseño	Edad	Velocidad ultrasónica (m/s)	Densidad (kg/m3)	Densidad estimada	Diferencia	Porcentaje Residual (%)
						real y Densidad estimada	
huso 8	280	28	4421	2370.08	2358.71	11.37	0.48
	350	28	4509	2366.23	2370.51	-4.28	-0.18
	140	28	4027	2313.47	2314.13	-0.66	-0.03
	175	28	4137	2314.58	2318.98	-4.4	-0.19
	210	28	4252	2315.26	2332.69	-17.43	-0.75
	280	28	4312	2314.88	2341.74	-26.86	-1.16
	350	28	4366	2314.40	2350.25	-35.85	<b>-1.55</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que existe hasta un -1.55% de sobreestimación de la densidad real del concreto, y también un 1.18% de subestimación de densidad real del concreto.

## 7. CAPÍTULO VII

### ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

El análisis de los costos unitarios para la elaboración del concreto, requiere del conocimiento de costo de mano de obra, del costo de los materiales y del costo de los equipos y herramientas.

El costo semanal y el costo hora-hombre de los trabajadores que intervienen en la elaboración del concreto, fueron extraídos del cuadro Costo Hora Hombre del Cusco, vigente del 01 de junio del 2018 al 31 de mayo del 2019.

Los rendimientos y cuadrillas de cada partida, se obtuvieron del Libro Costos y Presupuestos en Edificaciones de la Cámara Peruana de la Construcción.

La cantidad de materiales que se utiliza en cada partida, como son: el cemento, los agregados y el agua, se obtuvieron del diseño de mezclas final corregido del huso 67, cuyo tamaño máximo de la piedra es 1”.

*Tabla elaborada 72 Costo Hora Hombre del Cusco (Vigente del 01 de Junio del 2018 al 31 de mayo del 2019)*

<b>Trabajador</b>	<b>Total por día (8 horas)</b>	<b>Costo hora hombre</b>
Operario	166.50	20.81
Oficial	133.17	16.65
Peón	119.97	15.00

*Tabla elaborada 73 Costos reales de los materiales para elaboración de concreto*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio con IGV</b>	<b>Precio sin IGV</b>
Cemento Yura portland tipo IP	bls	24.00	20.34
Agregado grueso	m <sup>3</sup>	130.00	110.17
Agregado fino	m <sup>3</sup>	130.00	110.17
Agua	m <sup>3</sup>	2.00	1.69

Fuente: Elaboración propia

**Tabla elaborada 74 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Zapatas de f'c= 140 kg/cm2**

Partida: <b>Zapatas de f'c=140 kg/cm2</b>			Rend:	25	M3/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2	0.64	20.81	13.32
Oficial	hh	2	0.64	16.65	10.66
Peón	hh	8	2.56	15.00	38.40
					<b>62.38</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento portland tipo IP	bls		6.13	20.34	124.68
Agregado grueso	m3		0.62	110.17	68.31
Agregado fino	m3		0.54	110.17	59.49
Agua	m3		0.206	1.69	0.35
					<b>252.83</b>
<b>Equipo</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1	0.32	8.47	2.71
Vibrador de 2"	hm	1	0.32	5.93	1.90
Herramientas : 3% M.obra			0.03	62.38	1.87
					<b>6.48</b>
<b>Costo directo total</b>					<b>321.69</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos unitarios de la partida anterior, indica que 1 m3 de concreto para zapata de f'c=140 kg/cm2, cuesta 321.69 soles.

**Tabla elaborada 75 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Zapatas de f'c= 175 kg/cm2**

Partida: <b>Zapatas de f'c=175 kg/cm2</b>			Rend:	25	M3/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2	0.64	20.81	13.32
Oficial	hh	2	0.64	16.65	10.66
Peón	hh	8	2.56	15.00	38.4
					<b>62.38</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento portland tipo IP	bls		6.82	20.34	138.72
Agregado grueso	m3		0.61	110.17	67.20
Agregado fino	m3		0.54	110.17	59.49
Agua	lit		0.208	1.69	0.35
					<b>265.76</b>
<b>Equipo</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1	0.32	8.47	2.71
Vibrador de 2"	hm	1	0.32	5.93	1.90
Herramientas : 3% M.obra			0.03	62.38	1.87
					<b>6.48</b>
<b>Costo Directo Total</b>					<b>334.62</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos unitarios de la partida anterior, indica que 1 m3 de concreto para zapata de f'c=175 kg/cm2, cuesta 334.62 soles.

**Tabla elaborada 76 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Columnas de f'c=210 kg/cm2**

Partida: Columnas de f'c= 210 kg/cm2			Rend:	10	M3/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2	1.6	20.810	33.3
Oficial	hh	2	1.6	16.650	26.64
Peón	hh	10	8	15.000	120
					<b>179.94</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento portland tipo IP	bls		7.41	20.34	150.72
Agregado grueso	m3		0.6	110.17	66.10
Agregado fino	m3		0.53	110.17	58.39
Agua	lit		0.210	1.69	0.35
					<b>275.56</b>
<b>Equipo</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1	0.8	8.47	6.78
Vibrador de 2"	hm	1	0.8	5.93	4.74
Herramientas : 3% M.obra			0.03	179.94	5.4
					<b>16.92</b>
<b>Costo Directo Total</b>					<b>472.42</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos unitarios de la partida anterior, indica que 1 m3 de concreto para columna de f'c=210 kg/cm2, cuesta 472.42 soles.

**Tabla elaborada 77 Análisis de Costos Unitarios de la partida Columnas de f'c= 280 kg/cm2**

Partida: Columnas de f'c= 280 kg/cm2			Rend:	10	M3/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2	1.6	20.81	33.3
Oficial	hh	2	1.6	16.65	26.64
Peón	hh	10	8	15.00	120
					<b>179.94</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento portland tipo IP	bls		9.15	20.34	186.11
Agregado grueso	m3		0.57	110.17	62.80
Agregado fino	m3		0.51	110.17	56.19
Agua	lit		0.215	1.69	0.36
					<b>305.46</b>
<b>Equipo</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1	0.8	8.47	6.78
Vibrador de 2"	hm	1	0.8	5.93	4.74
Herramientas : 3% M.obra			0.03	179.94	5.4
					<b>16.92</b>
<b>Costo Directo Total</b>					<b>502.32</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos unitarios de la partida anterior, indica que 1 m3 de concreto para columna de f'c=280 kg/cm2, cuesta 502.32 soles.

**Tabla elaborada 78 Análisis de Costos Unitarios de la Partida Placas f'c=350 kg/cm2**

Partida: vigas de f'c= 350 kg/cm2			Rend:	20	M3/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2	0.8	20.81	16.65
Oficial	hh	2	0.8	16.65	13.32
Peón	hh	10	4	15.00	60
					<b>89.97</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento portland tipo IP	bls		11.86	20.34	241.23
Agregado grueso	m3		0.54	110.17	59.49
Agregado fino	m3		0.46	110.17	50.68
Agua	lit		0.221	1.69	0.37
					<b>351.77</b>
<b>Equipo</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1	0.4	8.47	3.39
Vibrador de 2"	hm	1	0.4	5.93	2.37
Herramientas : 3% M.obra			0.03	89.97	2.7
					<b>8.46</b>
<b>Costo Total Directo</b>					<b>450.20</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos unitarios de la partida anterior, indica que 1 m3 de concreto para viga de f'c=350 kg/cm2, cuesta 450.20 soles.

A continuación, se muestra un resumen de los Costos Unitarios de cada partida analizada.

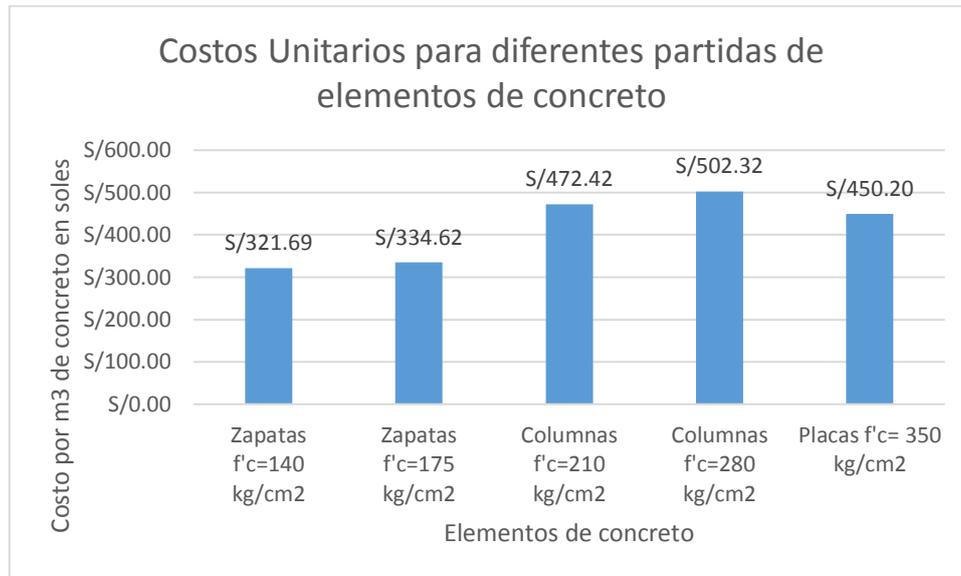
**Tabla elaborada 79 Cuadro resumen del Análisis de Costos Unitarios de las Partidas**

<b>Elementos de concreto</b>	<b>Costo por m3</b>
Zapatas f'c=140 kg/cm2	321.69
Zapatas f'c=175 kg/cm2	334.62
Columnas f'c=210 kg/cm2	472.42
Columnas f'c=280 kg/cm2	502.32
Placas f'c= 350 kg/cm2	450.20

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra un diagrama de barras, que ilustra de mejor forma los resultados obtenidos en cada de las partidas analizadas.

Gráfica 22 Costos por m<sup>3</sup> de concreto para diferentes elementos



Fuente: Elaboración propia

La gráfica anterior, muestra los costos unitarios para diferentes elementos de concreto, en la que se puede distinguir los altos costos que se generan en la elaboración del concreto por metro cúbico, esto debido a que los agregados de Cunyac, que se utilizaron para la mezcla de concreto tienen un elevado costo en la ciudad del Cusco.

Para el análisis de los costos unitarios de las partidas de Prueba de calidad del concreto, se consideró las experiencias vividas en la investigación, por lo que las cuadrillas que se utilizaron para este análisis, son estimaciones aproximadas, es así que, el rendimiento para las pruebas de compresión simple se consideró 24 unidades/día, y para la prueba ultrasónica 96 unidades/día, además, los precios de los ensayos son los que se encontró en el medio local.

*Tabla elaborada 80 Costos reales de los ensayos necesarios para la investigación*

Nombre del Ensayo	Precio con IGV (Soles)	Precio sin IGV (soles)
Ensayo de compresión simple a testigos cilíndricos de diámetro=4” y altura=8”	20.00	16.95
Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico	12.00	10.17
Ensayo triaxial propuesta para concreto en celda hoek	1260.00	1067.80

Fuente: Elaboración propia

Los precios del cuadro anterior, son precios referenciales que se cotizaron en la ciudad del Cusco y en la ciudad de Lima.

*Tabla elaborada 81 Costo unitario de la partida Prueba de calidad del concreto (Compresión simple)*

Partida: Prueba de calidad del concreto (Compresión simple)			Rend:	24	UND/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	1	0.33	20.81	6.93
					<b>6.93</b>
<b>Materiales</b>					
Ensayo de compresión simple	und		1.00	16.95	16.95
					<b>16.95</b>
<b>Equipo</b>					
Camioneta	hm		0.33	12.71	4.24
					<b>4.24</b>
<b>Costo Total Directo</b>					<b>28.12</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos unitarios de la partida anterior, indica que un ensayo de compresión simple a un testigo de concreto, cuesta 28.12 soles.

**Tabla elaborada 82 Costo Unitario de la partida Prueba de Calidad del concreto no destructivo (Ensayo ultrasónico)**

Partida: Prueba de calidad del concreto no destructiva (Ensayo ultrasónico)			Rend:	96	UND/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	1	0.083	20.81	1.73
Oficial	hh	1	0.083	16.65	1.38
					<b>3.11</b>
<b>Materiales</b>					
Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico al concreto	und		1.000	10.17	10.17
					<b>10.17</b>
Costo total directo					<b>13.28</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos unitarios de la partida anterior, indica que un ensayo de velocidad de pulso ultrasónico en un concreto al concreto, cuesta 13.28 soles.

Para el Análisis de precios Unitarios del ensayo triaxial, se tomó en consideración el mínimo precio que se pudo encontrar en la localidad, pero haciendo uso de algunos equipos de la UNSAAC, como son la celda hoek y el confinador enerpack, más el ADR y el equipo de compresión se alquiló.

**Tabla elaborada 83 Análisis de Costo Unitario de la partida prueba de calidad del concreto (compresión triaxial)**

Partida: Calidad del concreto compresión triaxial			Rend:	24	UND/DIA
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	1	0.33	20.81	6.93
					<b>6.93</b>
<b>Materiales</b>					
Ensayo de compresión compresión triaxial	und		1.00	1.067.80	1067.80
					<b>1067.80</b>
<b>Equipo</b>					
Camioneta	hm		0.33	12.71	4.24
					<b>4.24</b>
					<b>1078.97</b>

Fuente: Elaboración propia

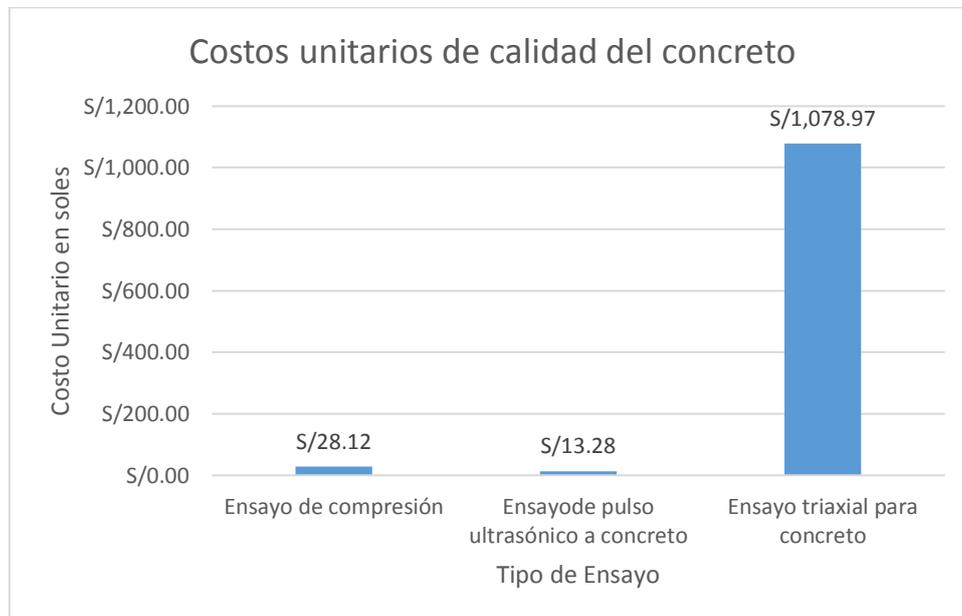
A continuación, se muestra el resumen del Análisis de Costos Unitarios de los ensayos a los concretos.

*Tabla elaborada 84 Resumen de los Costos Unitarios de partidas de calidad del concreto*

<b>Partida</b>	<b>Costo</b>
Ensayo de compresión	28.12
Ensayo de pulso ultrasónico a concreto	13.28
Ensayo triaxial para concreto	1078.97

Fuente: Elaboración propia

*Gráfica 23 Comparación de costos unitarios de Compresión simple y ensayo ultrasónico*



Fuente: Elaboración propia

La gráfica anterior muestra que el ensayo de pulso ultrasónico es la prueba más económica, representando menos del 50% en costo con respecto al ensayo de compresión simple, más, el ensayo triaxial del concreto en celda hoek, tiene un costo más elevado, esto debido a que es un ensayo más completo, que simula situaciones reales en el que algunos concretos se encuentran, además que dicho ensayo requiere de equipos y accesorios especiales para su ejecución.

---

## 8. CAPITULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 8.1 Conclusiones

- El ensayo de velocidad de pulso ultrasónico aplicado a la determinación de la resistencia a la compresión y densidad de los concretos con f'c de diseño 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2, elaborados con agregados de la cantera de Cunyac, es bastante rápido, fácil, económico y confiable en determinada medida.
- En el caso de la determinación de la resistencia a la compresión mediante la velocidad de pulso ultrasónico, en testigos cilíndricos de concreto de 4"x8"-huso 67 (TMN ¾"), de f'c de diseño 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2, elaborados con agregados de la cantera de Cunyac, el modelo de aproximación cúbica con R<sup>2</sup>=0.9838, obtuvo mejores resultados con un porcentaje de error del 7.87 %, siendo la ecuación, la siguiente:

$$r = 1.2014 * 10^{-6} * v^3 - 1.3928 * 10^{-2} * v^2 + 5.3787 * 10^1 * v - 6.9056 * 10^4$$

Donde:

r= Resistencia a la compresión del concreto (kg/m3).

v= Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto (m/s).

- En el caso de la determinación de la densidad del concreto mediante la velocidad de pulso ultrasónico, en testigos cilíndricos de 4"x8"-huso 67(TMN ¾"), de f'c de diseño 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2, elaborados con agregados de la cantera de Cunyac, el modelo de aproximación cúbica con R<sup>2</sup>=0.9946, obtuvo

---

mejores resultados con un porcentaje de error de 3.44%, siendo la ecuación, la siguiente:

$$d = 1.98985 * 10^{-7} * v^3 - 2.89813 * 10^{-3} * v^2 + 1.39216 * 10^1 * v - 1.97273 * 10^4$$

Donde:

d= Densidad del concreto (kg/m3).

v= Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto (m/s).

- En el caso de la determinación de la resistencia a la compresión mediante la velocidad de pulso ultrasónico, en testigos cilíndricos de concreto de 2”x4”- huso 8 (TMN 3/8”), de f'c elaborados con agregados de la cantera de Cunyac, el modelo de aproximación exponencial, con R<sup>2</sup>=0.9308, obtuvo mejores resultados con un porcentaje de error de 13.44 %, siendo la ecuación, la siguiente:

$$r = 6.7604 * 10^{-2} * e^{1.9552 * 10^{-3} * v}$$

Donde:

r= Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm2).

v= Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto (m/s).

- En el caso de la determinación de la densidad del concreto mediante la velocidad de pulso ultrasónico, en testigos cilíndricos de concreto de 2”x4”- huso 8 (TMN 3/8”), elaborados con agregados de la cantera de Cunyac, el modelo de aproximación cúbica con R<sup>2</sup>=0.9907, obtuvo mejores resultados con un porcentaje de error de 3.10%, siendo la ecuación, la siguiente:

$$d = -8.35009 * 10^{-8} * v^3 + 1.11269 * 10^{-3} * v^2 - 4.93129 * v + 9.58215 * 10^3$$

Donde:

$d$ = Densidad del concreto (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)

- La ecuación que presentó mejores resultados para la determinación de la Resistencia a la compresión mediante la velocidad de pulso ultrasónico, de testigos cilíndricos de concreto para el huso 67 y huso 8 elaborados con agregados de la cantera de Cunyac, fue de aproximación cúbica con  $R^2=0.7911$ , y con un porcentaje de error de 28.12%, siendo la siguiente:

$$r = 4.5059 * 10^{-7} * v^3 - 4.8152 * 10^{-3} + 1.6986 * 10^1 * v - 1.9563 * 10^4$$

Donde:

$r$ = Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>).

$v$ = Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto (m/s).

- Las velocidades de pulso ultrasónico registrados en las diferentes pruebas están entre 3832 y 4699 m/s, lo cual, de acuerdo a la clasificación de la calidad del concreto de Leslie y Cheesman, dichos concretos se encuentran entre las clases buena y excelente, lo que es un indicador de que los agregados de la cantera de Cunyac tienen un comportamiento de bueno a excelente en la resistencia y densidad del concreto, ya que los agregados tienen una alta incidencia en la velocidad ultrasónica en el concreto.
- El agregado utilizado en la elaboración del concreto fue el “hormigón de Cunyac”, que viene a ser una mezcla natural de grava y arena del río Apurmac, el cual dió como resultado, concretos con resistencias superiores a los esperados, contraviniendo a lo estipulado en el artículo 3.3.10 de la norma E.060 de

concreto armado, que indica que dichos agregados sólo pueden ser utilizados en concretos con resistencia en compresión no mayor de 10 Mpa a los 28 días.

- La utilización del hormigón de Cunyac requirió menor cantidad de agua a los recomendados en las bibliografías existentes, por lo que en el diseño final de mezclas se prescindió del uso de aditivo plastificante.
- La velocidad de pulso ultrasónico en el concreto es proporcional al TMN del agregado grueso, ya que la velocidad de pulso ultrasónico en concretos de una misma resistencia, en el huso 67, cuyo TMN es  $\frac{3}{4}$ ”, es más veloz que en el huso 8, cuyo TMN es  $\frac{3}{8}$ ”.
- El concreto con resistencia de diseño de 140 a 280 kg/cm<sup>2</sup>, bajo confinamiento triaxial, presenta una resistencia a la compresión máxima triaxial, hasta en 2 veces su resistencia a la compresión simple, con confinamientos bajos de 3, 5 y 7 MPa.
- En el caso de concretos con resistencia de diseño de 350 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia a la compresión máxima triaxial, alcanza un 77% más de su resistencia de diseño, con confinamientos bajos de 1, 3 y 5 MPa.
- Las ecuaciones logradas mediante la investigación fueron obtenidas considerando datos de 400 muestras, siendo este un número considerable para la generalización de resultados.

## **8.2 Recomendaciones**

- Las ecuaciones obtenidas mediante esta investigación son válidas para el agregado, “hormigón de Cunyac” utilizado en la elaboración del concreto investigado, por lo que, si se desea utilizar dichas ecuaciones en la evaluación de concretos elaborados con otros agregados, muy probablemente no tenga el grado de confiabilidad hallado.
- El uso del agregado “hormigón de Cunyac” requiere menos cantidad de agua a comparación de agregados triturados, por lo que el concreto para la investigación fue elaborado en forma convencional, sin uso de aditivos, lo que trae a colación la obtención de ecuaciones resistencia- velocidad ultrasónica y densidad-velocidad ultrasónica en concretos elaborados con el hormigón de Cunyac utilizando aditivos fluidificantes.
- Es recomendable realizar las pruebas ultrasónicas del concreto, después de un tiempo mínimo de 1.5 horas después de retirado del curado, debido a que la presencia excesiva de agua en el concreto puede generar lecturas erróneas.
- Para un mejor resultado de la lectura ultrasónica, es recomendable realizar mínimamente tres lecturas y hallar un promedio de éstas.

## 9. Bibliografía

- Abanto Castillo, T. F. (2017). *Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: San Marcos E.I.R.L.
- Aguirre Quispe, L. (s.f.). Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulso ultrasónico.
- Aire Untiveros , C. (2002). Estudio experimental del comportamiento del hormigón confinado sometido a compresión.
- Aire Untiveros, C. (2002). Estudio Experimental del Comportamiento del Hormigón sometido a Compresión. Barcelona.
- Céspedes García, M. (2003). *Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido*. Piura-Perú.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). México: Interamericana Editores S.A.
- Humboldt. (1998). Catálogo para ASTM C597- Sistema de velocidad de pulso PUNDIT. *Humboldt*.
- Kosmatka, S., Kerkhoft, B., Paranes, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. México: Portland Cement Association.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Rivva López, E. (2004). *Naturaleza y Materiales*. Lima: ICG.
- Rivva López, E. (2012). *Ataques al Concreto*. Lima-Perú: Fondo Editorial ICG.

RNE-NORMA E-060. (2004). Lima.

S.A., P. (2011). Manual de Operación de Pundit Lab, Instrumento Ultrasónico.

Santos De La Cruz, E., Cancino Vera, N., Yenque Dedos, J., Ramirez Morales, D., &

Palomino Pérez, M. (2005). El ultrasonido y su Aplicación. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM*.

Valencia Elguera, G., & Ibarra Navarro, M. (2013). *Estudio Experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple*.

Zabaleta G., H. (1992). *Compendio de Tecnología del Hormigón*. Santiago, Chile: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.

## 10. ANEXOS

# ANEXOS

**A**

**(COMPRESIÓN  
SIMPLE PARA  
DESVIACIÓN  
ESTANDAR)**

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>	
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar	<b>A1</b>
Cantera	Cunyac	
Fecha	29-10-18	
Laboratorio	EPIC-UNSAAC	
Otros		

Ensayo de Compresión simple de testigos cilíndricos de concreto de 4"x8" para desviación estándar f'c=140 kg/cm2-huso 6

Muestra	Edad	Fuerza(lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c(kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de resistencia
140-M01	28	39000	17690.40	10.16	81.07	218.21	-8.07	65.12	155.86%
140-M02	28	41000	18597.60	10.16	81.07	229.40	3.12	9.73	163.86%
140-M03	28	42500	19278.00	10.15	80.91	238.26	11.98	143.52	170.19%
140-M04	28	41500	18824.40	10.16	81.07	232.20	5.92	35.05	165.86%
140-M05	28	41500	18824.40	10.17	81.23	231.74	5.46	29.81	165.53%
140-M06	28	41500	18824.40	10.16	81.07	232.20	5.92	35.05	165.86%
140-M07	28	41500	18824.40	10.16	81.07	232.20	5.92	35.05	165.86%
140-M08	28	41000	18597.60	10.13	80.6	230.74	4.46	19.89	164.81%
140-M09	28	33000	14968.80	10.16	81.07	184.64	-41.64	1733.89	131.89%
140-M10	28	42000	19051.20	10.17	81.23	234.53	8.25	68.06	167.52%
140-M11	28	42000	19051.20	10.16	81.07	235.00	8.72	76.04	167.86%
140-M12	28	43000	19504.80	10.16	81.07	240.59	14.31	204.78	171.85%
140-M13	28	42000	19051.20	10.16	81.07	235.00	8.72	76.04	167.86%
140-M14	28	40000	18144.00	10.17	81.23	223.37	-2.91	8.47	159.55%
140-M15	28	39500	17917.20	10.15	80.91	221.45	-4.83	23.33	158.18%
140-M16	28	38000	17236.80	10.16	81.07	212.62	-13.66	186.60	151.87%
140-M17	28	43000	19504.80	10.16	81.07	240.59	14.31	204.78	171.85%
140-M18	28	38500	17463.60	10.17	81.23	214.99	-11.29	127.46	153.56%
140-M19	28	42000	19051.20	10.17	81.23	234.53	8.25	68.06	167.52%
140-M20	28	44000	19958.40	10.17	81.23	245.70	19.42	377.14	175.50%
140-M21	28	41500	18824.40	10.16	81.07	232.20	5.92	35.05	165.86%
140-M22	28	36500	16556.40	10.15	80.91	204.63	-21.65	468.72	146.16%
140-M23	28	42000	19051.20	10.17	81.23	234.53	8.25	68.06	167.52%
140-M24	28	36500	16556.40	10.17	81.23	203.82	-22.46	504.45	145.59%
140-M25	28	41000	18597.60	10.17	81.23	228.95	2.67	7.13	163.54%
140-M26	28	41500	18824.40	10.17	81.23	231.74	5.46	29.81	165.53%
140-M27	28	42000	19051.20	10.15	80.91	235.46	9.18	84.27	168.19%
140-M28	28	41500	18824.40	10.16	81.07	232.20	5.92	35.05	165.86%
140-M29	28	39000	17690.40	10.16	81.07	218.21	-8.07	65.12	155.86%
140-M30	28	35500	16102.80	10.16	81.07	198.63	-27.65	764.52	141.88%
<b>226.28</b>								<b>5590.05</b>	

N° de muestra	30
Varianza (S <sup>2</sup> )	192.76
Desviación estándar (S)	<b>13.88</b>
Coficiente de variación	6.13%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>	
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar	<b>A2</b>
Cantera	Cunyac	
Fecha	10-12-18	
Laboratorio	EPIC-UNSAAC	
Otros		

Ensayo de Compresión simple de testigos cilíndricos de concreto de 4"x8" para desviación estándar f'c=175 kg/cm2-huso 6

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de resistencia
175-M01	28	50000	22680.00	10.15	80.91	280.31	13.19	173.98	160.18%
175-M02	28	50250	22793.40	10.16	81.07	281.16	14.04	197.12	160.66%
175-M03	28	50000	22680.00	10.16	81.07	279.76	12.64	159.77	159.86%
175-M04	28	48000	21772.80	10.16	81.07	268.57	1.45	2.1	153.47%
175-M05	28	48500	21999.60	10.17	81.23	270.83	3.71	13.76	154.76%
175-M06	28	51000	23133.60	10.16	81.07	285.35	18.23	332.33	163.06%
175-M07	28	49000	22226.40	10.15	80.91	274.71	7.59	57.61	156.98%
175-M08	28	49000	22226.40	10.15	80.91	274.71	7.59	57.61	156.98%
175-M09	28	46500	21092.40	10.16	81.07	260.18	-6.94	48.16	148.67%
175-M10	28	50750	23020.20	10.17	81.23	283.4	16.28	265.04	161.94%
175-M11	28	44250	20071.80	10.15	80.91	248.08	-19.04	362.52	141.76%
175-M12	28	44750	20298.60	10.16	81.07	250.38	-16.74	280.23	143.07%
175-M13	28	49750	22566.60	10.15	80.91	278.91	11.79	139	159.38%
175-M14	28	49000	22226.40	10.16	81.07	274.16	7.04	49.56	156.66%
175-M15	28	43500	19731.60	10.16	81.07	243.39	-23.73	563.11	139.08%
175-M16	28	44000	19958.40	10.15	80.91	246.67	-20.45	418.2	140.95%
175-M17	28	46000	20865.60	10.16	81.07	257.38	-9.74	94.87	147.07%
175-M18	28	47000	21319.20	10.16	81.07	262.97	-4.15	17.22	150.27%
175-M19	28	49500	22453.20	10.17	81.23	276.42	9.3	86.49	157.95%
175-M20	28	47000	21319.20	10.16	81.07	262.97	-4.15	17.22	150.27%
175-M21	28	47000	21319.20	10.16	81.07	262.97	-4.15	17.22	150.27%
175-M22	28	48500	21999.60	10.16	81.07	271.37	4.25	18.06	155.07%
175-M23	28	45000	20412.00	10.17	81.23	251.29	-15.83	250.59	143.59%
175-M24	28	54000	24494.40	10.17	81.23	301.54	34.42	1184.74	172.31%
175-M25	28	46500	21092.40	10.16	81.07	260.18	-6.94	48.16	148.67%
175-M26	28	45000	20412.00	10.17	81.23	251.29	-15.83	250.59	143.59%
175-M27	28	49000	22226.40	10.16	81.07	274.16	7.04	49.56	156.66%
175-M28	28	49000	22226.40	10.16	81.07	274.16	7.04	49.56	156.66%
175-M29	28	46500	21092.40	10.16	81.07	260.18	-6.94	48.16	148.67%
175-M30	28	44000	19958.40	10.16	81.07	246.19	-20.93	438.06	140.68%
						<b>267.12</b>		<b>5690.6</b>	

N° de muestra=	30
Varianza (S2)=	196.23
Desviación estándar	<b>14.01</b>
Coeficiente de	5.24%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>	
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar	<b>A3</b>
Cantera	Cunyac	
Fecha	11-12-18	
Laboratorio	EPIC-UNSAAC	
Otros		

Cuadro resumen de ensayo a compresión simple de testigos cilíndricos de concreto de 4"x8" para desviación estándar f'c=210 kg/cm2

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de resistencia
210-M01	28	52000	23587.20	10.14	80.75	292.10	-23.76	564.32	139.10%
210-M02	28	54000	24494.40	10.16	81.07	302.14	-13.72	188.11	143.88%
210-M03	28	54500	24721.20	10.17	81.23	304.34	-11.52	132.60	144.92%
210-M04	28	53000	24040.80	10.16	81.07	296.54	-19.32	373.08	141.21%
210-M05	28	56500	25628.40	10.17	81.23	315.50	-0.36	0.13	150.24%
210-M06	28	55000	24948.00	10.16	81.07	307.73	-8.13	66.02	146.54%
210-M07	28	51000	23133.60	10.17	81.23	284.79	-31.07	965.05	135.61%
210-M08	28	54000	24494.40	10.14	80.75	303.34	-12.52	156.63	144.45%
210-M09	28	59000	26762.40	10.16	81.07	330.11	14.25	203.20	157.20%
210-M10	28	55000	24948.00	10.17	81.23	307.13	-8.73	76.13	146.25%
210-M11	28	55750	25288.20	10.17	81.23	311.32	-4.54	20.57	148.25%
210-M12	28	55500	25174.80	10.16	81.07	310.53	-5.33	28.36	147.87%
210-M13	28	57000	25855.20	10.16	81.07	318.92	3.06	9.39	151.87%
210-M14	28	54000	24494.40	10.17	81.23	301.54	-14.32	204.93	143.59%
210-M15	28	57500	26082.00	10.17	81.23	321.09	5.23	27.40	152.90%
210-M16	28	57000	25855.20	10.14	80.75	320.19	4.33	18.79	152.47%
210-M17	28	60500	27442.80	10.16	81.07	338.51	22.65	513.23	161.20%
210-M18	28	55000	24948.00	10.13	80.60	309.53	-6.33	40.01	147.40%
210-M19	28	57500	26082.00	10.17	81.23	321.09	5.23	27.40	152.90%
210-M20	28	58500	26535.60	10.14	80.75	328.61	12.75	162.68	156.48%
210-M21	28	60500	27442.80	10.16	81.07	338.51	22.65	513.23	161.20%
210-M22	28	58500	26535.60	10.16	81.07	327.32	11.46	131.44	155.87%
210-M23	28	58500	26535.60	10.17	81.23	326.67	10.81	116.96	155.56%
210-M24	28	59000	26762.40	10.17	81.23	329.46	13.60	185.09	156.89%
210-M25	28	57250	25968.60	10.14	80.75	321.59	5.73	32.89	153.14%
210-M26	28	57000	25855.20	10.17	81.23	318.30	2.44	5.98	151.57%
210-M27	28	57000	25855.20	10.16	81.07	318.92	3.06	9.39	151.87%
210-M28	28	59000	26762.40	10.16	81.07	330.11	14.25	203.20	157.20%
210-M29	28	57500	26082.00	10.13	80.60	323.60	7.74	59.98	154.10%
210-M30	28	56500	25628.40	10.16	81.07	316.13	0.27	0.08	150.54%
<b>f'c promedio</b>						<b>315.85</b>	<b>Total</b>	<b>5036.27</b>	

N° de muestra=	30
Varianza (S2)=	173.66
Desviación estándar	<b>13.18</b>
Coefficiente de	<b>4.17%</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>	
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar	<b>A4</b>
Cantera	Cunyac	
Fecha	11-12-18	
Laboratorio	EPIC-UNSAAC	
Otros		

Cuadro resumen de ensayo a compresión simple de testigos cilíndricos de concreto de 4"x8" para desviación estándar f'c=280 kg/cm2

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de Resistencia
280-M01	28	66500	30164.40	10.14	80.75	373.55	-0.71	0.50	133.41%
280-M02	28	66500	30164.40	10.16	81.07	372.08	-2.18	4.75	132.89%
280-M03	28	64500	29257.20	10.16	81.07	360.89	-13.37	178.76	128.89%
280-M04	28	69000	31298.40	10.16	81.07	386.07	11.81	139.48	137.88%
280-M05	28	66500	30164.40	10.17	81.23	371.35	-2.91	8.47	132.63%
280-M06	28	69000	31298.40	10.14	80.75	387.60	13.34	177.96	138.43%
280-M07	28	63000	28576.80	10.14	80.75	353.89	-20.37	414.94	126.39%
280-M08	28	63500	28803.60	10.14	80.75	356.70	-17.56	308.35	127.39%
280-M09	28	70000	31752.00	10.16	81.07	391.66	17.4	302.76	139.88%
280-M10	28	68500	31071.60	10.17	81.23	382.51	8.25	68.06	136.61%
280-M11	28	66500	30164.40	10.16	81.07	372.08	-2.18	4.75	132.89%
280-M12	28	65000	29484.00	10.16	81.07	363.69	-10.57	111.72	129.89%
280-M13	28	69000	31298.40	10.16	81.07	386.07	11.81	139.48	137.88%
280-M14	28	66500	30164.40	10.17	81.23	371.35	-2.91	8.47	132.63%
280-M15	28	66500	30164.40	10.16	81.07	372.08	-2.18	4.75	132.89%
280-M16	28	72000	32659.20	10.14	80.75	404.45	30.19	911.44	144.45%
280-M17	28	67000	30391.20	10.16	81.07	374.88	0.62	0.38	133.89%
280-M18	28	63500	28803.60	10.16	81.07	355.29	-18.97	359.86	126.89%
280-M19	28	67000	30391.20	10.17	81.23	374.14	-0.12	0.01	133.62%
280-M20	28	66500	30164.40	10.16	81.07	372.08	-2.18	4.75	132.89%
280-M21	28	65000	29484.00	10.16	81.07	363.69	-10.57	111.72	129.89%
280-M22	28	69000	31298.40	10.14	80.75	387.60	13.34	177.96	138.43%
280-M23	28	69500	31525.20	10.17	81.23	388.10	13.84	191.55	138.61%
280-M24	28	71000	32205.60	10.17	81.23	396.47	22.21	493.28	141.60%
280-M25	28	69500	31525.20	10.16	81.07	388.86	14.6	213.16	138.88%
280-M26	28	66500	30164.40	10.17	81.23	371.35	-2.91	8.47	132.63%
280-M27	28	61500	27896.40	10.14	80.75	345.47	-28.79	828.86	123.38%
280-M28	28	65000	29484.00	10.16	81.07	363.69	-10.57	111.72	129.89%
280-M29	28	66000	29937.60	10.14	80.75	370.74	-3.52	12.39	132.41%
280-M30	28	66000	29937.60	10.16	81.07	369.28	-4.98	24.80	131.89%
						<b>374.26</b>		<b>5323.55</b>	

N° de muestra=	30
Varianza (S2)=	183.57
<b>Desviación estándar</b>	<b>13.55</b>
Coeficiente de	3.62%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>	
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar	<b>A5</b>
Cantera	Cunyac	
Fecha	12-12-18	
Laboratorio	EPIC-UNSAAC	
Otros		

Cuadro resumen de ensayo a compresión simple de testigos cilíndricos de concreto de 4"x8" para desviación estándar f'c=350 kg/cm2

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de Resistencia
350-M01	28	79000	35834.40	10.16	81.07	442.02	-9.98	99.60	126.29%
350-M02	28	81000	36741.60	10.16	81.07	453.21	1.21	1.46	129.49%
350-M03	28	76500	34700.40	10.13	80.60	430.53	-21.47	460.96	123.01%
350-M04	28	75000	34020.00	10.16	81.07	419.64	-32.36	1047.17	119.90%
350-M05	28	77000	34927.20	10.17	81.23	429.98	-22.02	484.88	122.85%
350-M06	28	90500	41050.80	10.17	81.23	505.37	53.37	2848.36	144.39%
350-M07	28	86000	39009.60	10.14	80.75	483.09	31.09	966.59	138.03%
350-M08	28	83000	37648.80	10.14	80.75	466.24	14.24	202.78	133.21%
350-M09	28	90000	40824.00	10.16	81.07	503.56	51.56	2658.43	143.87%
350-M10	28	81500	36968.40	10.17	81.23	455.11	3.11	9.67	130.03%
350-M11	28	86000	39009.60	10.16	81.07	481.18	29.18	851.47	137.48%
350-M12	28	91000	41277.60	10.16	81.07	509.16	57.16	3267.27	145.47%
350-M13	28	85000	38556.00	10.13	80.60	478.36	26.36	694.85	136.67%
350-M14	28	89000	40370.40	10.17	81.23	496.99	44.99	2024.10	142.00%
350-M15	28	80000	36288.00	10.14	80.75	449.39	-2.61	6.81	128.40%
350-M16	28	80000	36288.00	10.14	80.75	449.39	-2.61	6.81	128.40%
350-M17	28	76500	34700.40	10.16	81.07	428.03	-23.97	574.56	122.29%
350-M18	28	75000	34020.00	10.14	80.75	421.30	-30.70	942.49	120.37%
350-M19	28	75000	34020.00	10.17	81.23	418.81	-33.19	1101.58	119.66%
350-M20	28	77000	34927.20	10.16	81.07	430.83	-21.17	448.17	123.09%
350-M21	28	76500	34700.40	10.16	81.07	428.03	-23.97	574.56	122.29%
350-M22	28	75000	34020.00	10.14	80.75	421.30	-30.70	942.49	120.37%
350-M23	28	79000	35834.40	10.17	81.23	441.15	-10.85	117.72	126.04%
350-M24	28	81000	36741.60	10.17	81.23	452.32	0.32	0.10	129.23%
350-M25	28	76500	34700.40	10.14	80.75	429.73	-22.27	495.95	122.78%
350-M26	28	75000	34020.00	10.17	81.23	418.81	-33.19	1101.58	119.66%
350-M27	28	77000	34927.20	10.14	80.75	432.53	-19.47	379.08	123.58%
350-M28	28	86000	39009.60	10.16	81.07	481.18	29.18	851.47	137.48%
350-M29	28	86000	39009.60	10.14	80.75	483.09	31.09	966.59	138.03%
350-M30	28	75000	34020.00	10.16	81.07	419.64	-32.36	1047.17	119.90%
<b>Promedio</b>						<b>452.00</b>	<b>Sumatoria</b>	<b>25174.72</b>	

N° de muestra	30
Varianza (S2)	868.09
Desviación estándar S	<b>29.46</b>
Coefficiente de variación	6.52%

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>	
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar	<b>A6</b>
Cantera	Cunyac	
Fecha	05-11-18	
Laboratorio	EPIC-UNSAAC	
Otros		

**Cuadro resumen de ensayo de rotura de testigos cilíndricos de 2"x4" para desviación estandar - concreto  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>**

N°	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$	% de Resistencia
140-M01	28	9000	4082.40	5.15	20.83	195.99	5.98	35.76	139.99%
140-M02	28	8500	3855.60	5.16	20.91	184.39	-5.62	31.58	131.71%
140-M03	28	9000	4082.40	5.15	20.83	195.99	5.98	35.76	139.99%
140-M04	28	8000	3628.80	5.16	20.91	173.54	-16.47	271.26	123.96%
140-M05	28	10000	4536.00	5.15	20.83	217.76	27.75	770.06	155.54%
140-M06	28	9500	4309.20	5.15	20.83	206.87	16.86	284.26	147.76%
140-M07	28	9000	4082.40	5.16	20.91	195.24	5.23	27.35	139.46%
140-M08	28	8000	3628.80	5.16	20.91	173.54	-16.47	271.26	123.96%
140-M09	28	8500	3855.60	5.17	20.99	183.69	-6.32	39.94	131.21%
140-M10	28	8500	3855.60	5.16	20.91	184.39	-5.62	31.58	131.71%
140-M11	28	8000	3628.80	5.15	20.83	174.21	-15.8	249.64	124.44%
140-M12	28	9000	4082.40	5.17	20.99	194.49	4.48	20.07	138.92%
140-M13	28	9000	4082.40	5.16	20.91	195.24	5.23	27.35	139.46%
140-M14	28	9000	4082.40	5.15	20.83	195.99	5.98	35.76	139.99%
140-M15	28	6500	2948.40	5.15	20.83	141.55	-48.46	2348.37	101.11%
140-M16	28	8500	3855.60	5.15	20.83	185.1	-4.91	24.11	132.21%
140-M17	28	8500	3855.60	5.15	20.83	185.1	-4.91	24.11	132.21%
140-M18	28	9000	4082.40	5.16	20.91	195.24	5.23	27.35	139.46%
140-M19	28	9500	4309.20	5.15	20.83	206.87	16.86	284.26	147.76%
140-M20	28	9000	4082.40	5.16	20.91	195.24	5.23	27.35	139.46%
140-M21	28	9000	4082.40	5.15	20.83	195.99	5.98	35.76	139.99%
140-M22	28	8500	3855.60	5.15	20.83	185.1	-4.91	24.11	132.21%
140-M23	28	8500	3855.60	5.17	20.99	183.69	-6.32	39.94	131.21%
140-M24	28	8500	3855.60	5.16	20.91	184.39	-5.62	31.58	131.71%
140-M25	28	10000	4536.00	5.15	20.83	217.76	27.75	770.06	155.54%
140-M26	28	9000	4082.40	5.16	20.91	195.24	5.23	27.35	139.46%
140-M27	28	9000	4082.40	5.17	20.99	194.49	4.48	20.07	138.92%
140-M28	28	9000	4082.40	5.16	20.91	195.24	5.23	27.35	139.46%
140-M29	28	8500	3855.60	5.17	20.99	183.69	-6.32	39.94	131.21%
140-M30	28	8500	3855.60	5.16	20.91	184.39	-5.62	31.58	131.71%
<b><math>f'c</math> promedio</b>						<b>190.01</b>	<b>Suma</b>	<b>5914.92</b>	

N° de muestra=	30
Varianza (S <sup>2</sup> )=	203.96
Desviación estándar S=	<b>14.28</b>
Coficiente de variación	7.52%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>		
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar		<b>A7</b>
Cantera	Cunyac		
Fecha	05-11-18		
Laboratorio	EPIC-UNSAAC		
Otros			

Cuadro resumen de ensayo de rotura de testigos cilíndricos de 2"x4" para desviación estandar - concreto f'c=175 kg/cm2

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de Resistencia
175-M01	28	11500	5216.40	5.18	21.07	247.57	5.31	28.20	141.47%
175-M02	28	11000	4989.60	5.16	20.91	238.62	-3.64	13.25	136.35%
175-M03	28	12000	5443.20	5.17	20.99	259.32	17.06	291.04	148.18%
175-M04	28	12500	5670.00	5.15	20.83	272.2	29.94	896.40	155.54%
175-M05	28	12000	5443.20	5.15	20.83	261.32	19.06	363.28	149.33%
175-M06	28	12000	5443.20	5.15	20.83	261.32	19.06	363.28	149.33%
175-M07	28	11500	5216.40	5.16	20.91	249.47	7.21	51.98	142.55%
175-M08	28	12000	5443.20	5.16	20.91	260.32	18.06	326.16	148.75%
175-M09	28	9000	4082.40	5.16	20.91	195.24	-47.02	2210.88	111.57%
175-M10	28	12000	5443.20	5.17	20.99	259.32	17.06	291.04	148.18%
175-M11	28	12000	5443.20	5.16	20.91	260.32	18.06	326.16	148.75%
175-M12	28	11000	4989.60	5.18	21.07	236.81	-5.45	29.70	135.32%
175-M13	28	11000	4989.60	5.18	21.07	236.81	-5.45	29.70	135.32%
175-M14	28	12000	5443.20	5.16	20.91	260.32	18.06	326.16	148.75%
175-M15	28	11500	5216.40	5.16	20.91	249.47	7.21	51.98	142.55%
175-M16	28	11500	5216.40	5.16	20.91	249.47	7.21	51.98	142.55%
175-M17	28	8500	3855.60	5.17	20.99	183.69	-58.57	3430.44	104.97%
175-M18	28	12000	5443.20	5.15	20.83	261.32	19.06	363.28	149.33%
175-M19	28	11500	5216.40	5.16	20.91	249.47	7.21	51.98	142.55%
175-M20	28	11500	5216.40	5.16	20.91	249.47	7.21	51.98	142.55%
175-M21	28	12000	5443.20	5.16	20.91	260.32	18.06	326.16	148.75%
175-M22	28	11000	4989.60	5.17	20.99	237.71	-4.55	20.70	135.83%
175-M23	28	10500	4762.80	5.15	20.83	228.65	-13.61	185.23	130.66%
175-M24	28	10000	4536.00	5.17	20.99	216.1	-26.16	684.35	123.49%
175-M25	28	11500	5216.40	5.18	21.07	247.57	5.31	28.20	141.47%
175-M26	28	11500	5216.40	5.16	20.91	249.47	7.21	51.98	142.55%
175-M27	28	10000	4536.00	5.17	20.99	216.1	-26.16	684.35	123.49%
175-M28	28	12000	5443.20	5.16	20.91	260.32	18.06	326.16	148.75%
175-M29	28	9000	4082.40	5.17	20.99	194.49	-47.77	2281.97	111.14%
175-M30	28	10000	4536.00	5.18	21.07	215.28	-26.98	727.92	123.02%
<b>f'c promedio</b>						<b>242.26</b>	<b>Suma</b>	<b>14865.89</b>	

N° de muestra	30
Varianza (S2)	512.62
Desviación estándar S	<b>22.64</b>
Coeficiente de variación	9.35%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>		
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar		<b>A8</b>
Cantera	Cunyac		
Fecha	05-11-18		
Laboratorio	EPIC-UNSAAC		
Otros			

Cuadro resumen de ensayo de rotura de testigos cilíndricos de 2"x4" para desviación estandar - concreto f'c=210 kg/cm2

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de Resistencia
210-M01	28	12000	5443.20	5.17	20.99	259.32	-16.50	272.25	123.49%
210-M02	28	13500	6123.60	5.16	20.91	292.86	17.04	290.36	139.46%
210-M03	28	13000	5896.80	5.15	20.83	283.09	7.27	52.85	134.80%
210-M04	28	13000	5896.80	5.17	20.99	280.93	5.11	26.11	133.78%
210-M05	28	13500	6123.60	5.18	21.07	290.63	14.81	219.34	138.40%
210-M06	28	12500	5670.00	5.15	20.83	272.2	-3.62	13.10	129.62%
210-M07	28	12500	5670.00	5.15	20.83	272.2	-3.62	13.10	129.62%
210-M08	28	13000	5896.80	5.18	21.07	279.87	4.05	16.40	133.27%
210-M09	28	13000	5896.80	5.15	20.83	283.09	7.27	52.85	134.80%
210-M10	28	10500	4762.80	5.16	20.91	227.78	-48.04	2307.84	108.47%
210-M11	28	12500	5670.00	5.16	20.91	271.16	-4.66	21.72	129.12%
210-M12	28	12500	5670.00	5.16	20.91	271.16	-4.66	21.72	129.12%
210-M13	28	12500	5670.00	5.15	20.83	272.2	-3.62	13.10	129.62%
210-M14	28	13000	5896.80	5.17	20.99	280.93	5.11	26.11	133.78%
210-M15	28	13500	6123.60	5.16	20.91	292.86	17.04	290.36	139.46%
210-M16	28	14000	6350.40	5.16	20.91	303.7	27.88	777.29	144.62%
210-M17	28	13500	6123.60	5.15	20.83	293.98	18.16	329.79	139.99%
210-M18	28	13500	6123.60	5.16	20.91	292.86	17.04	290.36	139.46%
210-M19	28	14000	6350.40	5.16	20.91	303.7	27.88	777.29	144.62%
210-M20	28	14000	6350.40	5.17	20.99	302.54	26.72	713.96	144.07%
210-M21	28	13500	6123.60	5.17	20.99	291.74	15.92	253.45	138.92%
210-M22	28	12000	5443.20	5.16	20.91	260.32	-15.50	240.25	123.96%
210-M23	28	10500	4762.80	5.18	21.07	226.05	-49.77	2477.05	107.64%
210-M24	28	10000	4536.00	5.18	21.07	215.28	-60.54	3665.09	102.51%
210-M25	28	12500	5670.00	5.16	20.91	271.16	-4.66	21.72	129.12%
210-M26	28	12500	5670.00	5.16	20.91	271.16	-4.66	21.72	129.12%
210-M27	28	13000	5896.80	5.17	20.99	280.93	5.11	26.11	133.78%
210-M28	28	13000	5896.80	5.17	20.99	280.93	5.11	26.11	133.78%
210-M29	28	13000	5896.80	5.18	21.07	279.87	4.05	16.40	133.27%
210-M30	28	12500	5670.00	5.17	20.99	270.13	-5.69	32.38	128.63%
<b>f'c promedio</b>						<b>275.82</b>	<b>Suma</b>	<b>13306.18</b>	

N° de muestra	30
Varianza (S2)	458.83
Desviación estándar S	<b>21.42</b>
Coficiente de variación	7.77%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>		
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar		<b>A9</b>
Cantera	Cunyac		
Fecha	06-11-18		
Laboratorio	EPIC-UNSAAC		
Otros			

Cuadro resumen de ensayo de rotura de testigos cilíndricos de 2"x4" para desviación estandar - concreto f'c=280 kg/cm2

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de Resistencia
280-M01	28	16000.00	7257.60	5.17	20.99	345.76	-16.22	263.09	123.49%
280-M02	28	17000.00	7711.20	5.17	20.99	367.37	5.39	29.05	131.20%
280-M03	28	16500.00	7484.40	5.18	21.07	355.22	-6.76	45.70	126.86%
280-M04	28	16000.00	7257.60	5.18	21.07	344.45	-17.53	307.30	123.02%
280-M05	28	16500.00	7484.40	5.16	20.91	357.93	-4.05	16.40	127.83%
280-M06	28	16500.00	7484.40	5.16	20.91	357.93	-4.05	16.40	127.83%
280-M07	28	17000.00	7711.20	5.16	20.91	368.78	6.80	46.24	131.71%
280-M08	28	16000.00	7257.60	5.16	20.91	347.09	-14.89	221.71	123.96%
280-M09	28	18000.00	8164.80	5.17	20.99	388.99	27.01	729.54	138.93%
280-M10	28	17500.00	7938.00	5.15	20.83	381.08	19.10	364.81	136.10%
280-M11	28	17000.00	7711.20	5.17	20.99	367.37	5.39	29.05	131.20%
280-M12	28	17000.00	7711.20	5.18	21.07	365.98	4.00	16.00	130.71%
280-M13	28	18000.00	8164.80	5.16	20.91	390.47	28.49	811.68	139.45%
280-M14	28	18000.00	8164.80	5.17	20.99	388.99	27.01	729.54	138.93%
280-M15	28	14000.00	6350.40	5.16	20.91	303.70	-58.28	3396.56	108.46%
280-M16	28	18000.00	8164.80	5.17	20.99	388.99	27.01	729.54	138.93%
280-M17	28	17000.00	7711.20	5.18	21.07	365.98	4.00	16.00	130.71%
280-M18	28	17500.00	7938.00	5.18	21.07	376.74	14.76	217.86	134.55%
280-M19	28	17000.00	7711.20	5.16	20.91	368.78	6.80	46.24	131.71%
280-M20	28	14000.00	6350.40	5.17	20.99	302.54	-59.44	3533.11	108.05%
280-M21	28	16000.00	7257.60	5.16	20.91	347.09	-14.89	221.71	123.96%
280-M22	28	16500.00	7484.40	5.16	20.91	357.93	-4.05	16.40	127.83%
280-M23	28	16500.00	7484.40	5.17	20.99	356.57	-5.41	29.27	127.35%
280-M24	28	16500.00	7484.40	5.16	20.91	357.93	-4.05	16.40	127.83%
280-M25	28	17000.00	7711.20	5.18	21.07	365.98	4.00	16.00	130.71%
280-M26	28	17000.00	7711.20	5.18	21.07	365.98	4.00	16.00	130.71%
280-M27	28	16500.00	7484.40	5.16	20.91	357.93	-4.05	16.40	127.83%
280-M28	28	16500.00	7484.40	5.16	20.91	357.93	-4.05	16.40	127.83%
280-M29	28	17500.00	7938.00	5.16	20.91	379.63	17.65	311.52	135.58%
280-M30	28	17500.00	7938.00	5.17	20.99	378.18	16.20	262.44	135.06%
<b>f'c promedio</b>						<b>361.98</b>	<b>Suma</b>	<b>12488.36</b>	

N° de muestra	30
Varianza (S2)	430.63
Desviación estándar S	<b>20.75</b>
Coefficiente de variación	5.73%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>	
Ensayo	Compresión simple para desviación estándar	<b>A10</b>
Cantera	Cunyac	
Fecha	06-11-18	
Laboratorio	EPIC-UNSAAC	
Otros		

Cuadro resumen de ensayo de rotura de testigos cilíndricos de 2"x4" para desviación estandar - concreto f'c=350 kg/cm2

Muestra	Edad	Fuerza (lib)	Fuerza (kg)	Diámetro	Área	f'c (kg/cm2)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	% de Resistencia
350-M01	28	20000.00	9072.00	5.17	20.99	432.21	22.48	505.35	123.49%
350-M02	28	19000.00	8618.40	5.16	20.91	412.17	2.44	5.95	117.76%
350-M03	28	19000.00	8618.40	5.15	20.83	413.75	4.02	16.16	118.21%
350-M04	28	19000.00	8618.40	5.16	20.91	412.17	2.44	5.95	117.76%
350-M05	28	19500.00	8845.20	5.17	20.99	421.40	11.67	136.19	120.40%
350-M06	28	18000.00	8164.80	5.16	20.91	390.47	-19.26	370.95	111.56%
350-M07	28	19000.00	8618.40	5.17	20.99	410.60	0.87	0.76	117.31%
350-M08	28	19500.00	8845.20	5.16	20.91	423.01	13.28	176.36	120.86%
350-M09	28	17000.00	7711.20	5.18	21.07	365.98	-43.75	1914.06	104.57%
350-M10	28	18000.00	8164.80	5.16	20.91	390.47	-19.26	370.95	111.56%
350-M11	28	18500.00	8391.60	5.16	20.91	401.32	-8.41	70.73	114.66%
350-M12	28	19000.00	8618.40	5.18	21.07	409.04	-0.69	0.48	116.87%
350-M13	28	18500.00	8391.60	5.16	20.91	401.32	-8.41	70.73	114.66%
350-M14	28	19000.00	8618.40	5.17	20.99	410.60	0.87	0.76	117.31%
350-M15	28	19000.00	8618.40	5.15	20.83	413.75	4.02	16.16	118.21%
350-M16	28	19500.00	8845.20	5.18	21.07	419.80	10.07	101.40	119.94%
350-M17	28	20000.00	9072.00	5.16	20.91	433.86	24.13	582.26	123.96%
350-M18	28	19500.00	8845.20	5.17	20.99	421.40	11.67	136.19	120.40%
350-M19	28	20000.00	9072.00	5.17	20.99	432.21	22.48	505.35	123.49%
350-M20	28	20000.00	9072.00	5.16	20.91	433.86	24.13	582.26	123.96%
350-M21	28	20500.00	9298.80	5.17	20.99	443.01	33.28	1107.56	126.57%
350-M22	28	17000.00	7711.20	5.17	20.99	367.37	-42.36	1794.37	104.96%
350-M23	28	19500.00	8845.20	5.17	20.99	421.40	11.67	136.19	120.40%
350-M24	28	17500.00	7938.00	5.16	20.91	379.63	-30.10	906.01	108.47%
350-M25	28	19500.00	8845.20	5.17	20.99	421.40	11.67	136.19	120.40%
350-M26	28	19500.00	8845.20	5.17	20.99	421.40	11.67	136.19	120.40%
350-M27	28	19500.00	8845.20	5.17	20.99	421.40	11.67	136.19	120.40%
350-M28	28	17000.00	7711.20	5.17	20.99	367.37	-42.36	1794.37	104.96%
350-M29	28	17500.00	7938.00	5.17	20.99	378.18	-31.55	995.40	108.05%
350-M30	28	19500.00	8845.20	5.17	20.99	421.40	11.67	136.19	120.40%
<b>f'c promedio</b>						<b>409.73</b>	<b>Suma</b>	<b>12847.66</b>	

N° de muestra	30
Varianza (S2)	443.02
Desviación estándar S	<b>21.05</b>
Coficiente de variación	5.14%

# B (DISEÑOS DE MEZCLAS)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<h1>B1</h1>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	15-09-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/m <sup>3</sup>	2689.35 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	Valor
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	140 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	210 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	205 lit
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	304.15 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
250	0.61
210	0.674
200	0.69

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial para  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$  - huso 67- Muestras cilíndricas de 4”x8”**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra (kg) WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F(kg)
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	304.15	2850.00	0.107		1.00	304.15	1.00	42.50	1.00	2.60
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.67	210.59	0.69	29.33	29.33	1.79
Arena	840.24	2617.57		0.321	2.76	846.88	2.78	118.15	2.53	7.23
Piedra	933.20	2689.35		0.347	3.07	938.06	3.08	130.90	2.86	8.01
Aire	2%	-	0.020		-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2282.59</b>		<b>0.332</b>	<b>0.668</b>		<b>2299.68</b>	<b>7.55</b>			
			<b>1.000</b>							

Elaboración propia

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUOtotal	2.60

**Dosificación**

<b>1.00</b>	<b>2.53</b>	<b>2.86</b>	<b>29.33</b>	<b>Lit / bols</b>	<b>0.69</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

305

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B2</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	01-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm<sup>2</sup></b>	Huso	67	Diseño	Inicial correg.

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.151	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.581	Kg.
Volumen proctor	0.002124	M3
Densidad teórica	2282.59	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad real	2363.84	Kg/m <sup>3</sup>
Rendimiento	0.00824	
Agua corregida	204.98	Lit.
Cemento corregido	305.94	Kg.
Piedra húmeda corregida	972.09	Kg.
Piedra seca corregida	967.06	Kg.
Piedra saturada corregida	973.44	Kg.
Arena saturada corregida	879.48	Kg.
Arena seca corregida	868.19	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial corregido por asentamiento y densidad  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>**

Descripción	Cálculo en seco			Cálculo en obra			Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra		Volumen (pie <sup>3</sup> )	
	WS (kg)	WUS	WO	WUO	WUO*42.5		WUO*F
Cemento	305.94	1.00	305.94	1.00	42.50	1.00	2.54
Agua	204.98	0.67	210.76	0.69	29.28	29.28	1.75
Arena	868.19	2.84	875.05	2.86	121.56	2.60	7.26
Piedra	967.06	3.16	972.09	3.18	135.04	2.95	8.06
Aire a	2.00%						
<b>TOTAL</b>	<b>2346.17</b>		<b>2363.84</b>	<b>7.73</b>			<b>19.60</b>

**Dosificación seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
305.94	204.98	868.19	967.06
1.00	0.67	2.84	3.16

**Dosificación húmedo**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
305.94	210.76	875.05	972.09
1	0.69	2.86	3.18

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

306

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B3</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	11-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm<sup>2</sup></b>	Huso	67	Diseño	Final

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/m <sup>3</sup>	2689.35 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	Valor
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	140 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar (Ss)	13.88
Resistencia requerida 1 ( $f'cr1$ )	158.60 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 1 ( $f'cr1$ )	137.34 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	<b>158.6 kg/cm<sup>2</sup></b>
Cantidad de agua para mezcla	205 lit
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	265.20 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
200	0.69
158.6	<b>0.773</b>
150	0.79

**Diseño de mezclas final para concreto  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ -huso 67.**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	265.20	2850.00	0.093		1.00	265.20	1.00	42.50	1.00	2.26
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.77	210.70	0.79	33.58	33.58	1.79
Arena	855.95	2617.57		0.327	3.23	862.71	3.25	138.13	2.96	7.35
Piedra	954.72	2689.35		0.355	3.60	959.68	3.62	153.85	3.36	8.18
Aire	2%	-	0.020		-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2280.86</b>		<b>0.318</b>	<b>0.682</b>		<b>2298.29</b>	<b>8.66</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUOtotal	2.26

**Dosificación**

<b>1.00</b>	<b>2.96</b>	<b>3.36</b>	<b>33.58</b>	<b>Lit / bols</b>	<b>0.79</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B4</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	12-1118				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.18	Lit.
Peso de proctor	6.58	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.58	Kg.
Volumen proctor	0.002124	M3
Densidad teórica	2280.86	Kg/m3
Densidad real	2354.05	Kg/m3
Rendimiento	0.00824	
Agua corregida	201.21	Lit.
Cemento corregido	261.31	Kg.
Piedra húmeda corregida	992.72	Kg.
Piedra seca corregida	987.58	Kg.
Piedra saturada corregida	994.1	Kg.
Arena saturada corregida	897.43	Kg.
Arena seca corregida	885.91	Kg.

**Diseño de mezclas final corregido para f'c=140 kg/cm2-huso 67**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra		Volumen (pie3)	
	WS (kg)	WUS	WO	WUO	WUO*42.5		WUO*F
Cemento	261.31	1.00	261.31	1.00	42.50	1.00	17.32
Agua	201.21	0.77	207.11	0.79	33.68	33.68	13.73
Arena	885.91	3.39	892.91	3.42	145.22	3.11	59.17
Piedra	987.58	3.78	992.72	3.80	161.46	3.53	65.79
Aire	2.00%						
<b>TOTAL</b>	<b>2336.01</b>		<b>2354.04</b>	<b>9.01</b>			<b>156.00</b>

Dosificación seco			
Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
261.31	201.21	885.91	987.58
1.00	0.77	3.39	3.78

Dosificación húmedo			
Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
261.31	207.11	892.91	992.72
1	0.79	3.42	3.8

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<h1>B5</h1>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	15-09-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2689.35 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	175 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	245 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	205 litros
Aire atrapado	0.02
Cantidad de cemento	331.72 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
250	0.61
245	<b>0.618</b>
200	0.69

**Diseño de mezclas inicial para concretos  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ -huso 67**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra				Mezcla de prueba	
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m3)	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra (kg) WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F(kg)
			Volumen existente V(m3)	Distrib. de volum. faltante (m3)						
Cemento	331.72	2850.00	0.116		1.00	331.72	1.00	42.50	1.00	2.82
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.62	210.55	0.63	26.78	26.78	1.78
Arena	827.15	2617.57		0.316	2.49	833.69	2.51	106.68	2.29	7.08
Piedra	922.45	2689.35		0.343	2.78	927.21	2.80	119.00	2.60	7.90
<b>TOTAL</b>	<b>2286.32</b>		<b>0.341</b>	<b>0.659</b>		<b>2303.17</b>	<b>6.94</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	2.82

**Dosificación**

<b>1.00</b>	<b>2.29</b>	<b>2.60</b>	<b>26.78</b>	<b>lit/bols</b>	<b>0.63</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B6</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	01-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.142	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.591	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2286.32	Kg/m3
Densidad real	2368.55	Kg/m3
Rendimiento	0.00821	
Agua corregida	205.6	lit/m3
Cemento corregido	331.61	Kg.
Piedra húmeda corregida	962.24	Kg.
Piedra seca corregida	957.3	Kg.
Piedra saturada corregida	963.61	Kg.
Arena saturada corregida	867.73	Kg.
Arena seca corregida	856.57	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial corregido por asentamiento y densidad f'c=175 kg/cm2**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F (kg)
Cemento	331.61	1.00	331.61	1.00	42.50	1.00	2.74
Agua	205.60	0.62	211.35	0.64	27.09	27.09	1.75
Arena	856.57	2.58	863.35	2.60	110.65	2.37	7.14
pedra	957.30	2.89	962.24	2.90	123.32	2.70	7.96
aire a	2.00%						
<b>TOTAL</b>	<b>2351.08</b>		<b>2368.55</b>	<b>7.14</b>			<b>19.60</b>

**Dosificación**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
331.61	205.6	856.57	957.3
1	0.62	2.58	2.89

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>					
Ensayo	Diseño de mezclas					<b>B7</b>
Cantera	Cunyac					
Agua	Potable					
Cemento	Yura IP					
Fecha	11-11-18					
Laboratorio	EPIC-UNSAAC					
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final</b>	

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena		Piedra	
Peso específico de masa	2617.57	kg/cm <sup>3</sup>	2689.35	kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46	kg/m <sup>3</sup>	1615.57	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81	kg/m <sup>3</sup>	1739.11	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79	%	0.52	%
Porcentaje de Absorción	1.30	%	0.66	%
Módulo de Fineza	2.98		6.77	
Tamaño Máximo Nominal	N°4		3/4 pulg	

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor	
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	175 kg/cm <sup>2</sup>
desviación estándar $S_s$	14.01
Resistencia requerida 1 ( $f'cr1$ )	193.77 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2 ( $f'cr2$ )	172.64 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	<b>193.77 kg/cm<sup>2</sup></b>
Cantidad de agua para mezcla	205 lit
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	292.87 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
250	0.61
193.77	<b>0.700</b>
200	0.69

**Diseño de mezclas final para concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ -huso 67**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	292.87	2850.00	0.103		1.00	292.87	1.00	42.50	1.00	2.50
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.70	210.66	0.72	30.60	30.60	1.80
Arena	845.48	2617.57		0.323	2.89	852.17	2.91	123.68	2.65	7.28
Piedra	938.58	2689.35		0.349	3.20	943.43	3.22	136.85	2.99	8.05
<b>TOTAL</b>	<b>2281.93</b>		<b>0.328</b>	<b>0.672</b>		<b>2299.13</b>	<b>7.85</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	2.50

**Dosificación**

<b>1.00</b>	<b>2.65</b>	<b>2.99</b>	<b>30.60</b>	<b>lit/bols</b>	<b>0.72</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B8</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	12-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.172	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.59	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2281.93	Kg/m3
Densidad real	2368.08	Kg/m3
Rendimiento	0.00822	
Agua corregida	203.89	lit/m3
Cemento corregido	291.27	Kg.
Piedra húmeda corregida	979.32	Kg.
Piedra seca corregida	974.29	Kg.
Piedra saturada corregida	980.71	Kg.
Arena saturada corregida	892.21	Kg.
Arena seca corregida	880.74	Kg.

Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial corregido por asentamiento y densidad							
Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra		Volumen (pie3)	
	WS (kg)	WUS	WO	WUO	WUO*42.5		WUO*F
Cemento	291.27	1.00	291.27	1.00	42.50	1.00	19.19
Agua	203.89	0.70	209.78	0.72	30.61	30.61	13.82
Arena	880.74	3.02	887.71	3.05	129.53	2.77	58.48
Piedra	974.29	3.34	979.32	3.36	142.90	3.12	64.51
Aire	2.00%						
<b>TOTAL</b>	<b>2350.19</b>		<b>2368.08</b>	<b>8.13</b>			<b>156.00</b>

**Dosificación seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
291.27	203.89	880.74	974.29
1	0.7	3.02	3.34

**Dosificación seco**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
291.27	209.78	887.71	979.32
1	0.72	3.05	3.36

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B9</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	15-09-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2689.35 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción		
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	210 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	295 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	205 litros
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	374.77 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN  
A/C**

$f'cr$	(a/c)
300	0.54
295	<b>0.547</b>
250	0.61

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  - huso 67- Muestras cilíndricas de 4”x8”**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra (kg) WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F (kg)
			Volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	374.77	2850.00	0.131		1.00	374.77	1.00	42.50	1.00	3.18
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.55	210.42	0.56	23.80	23.80	1.78
Arena	808.83	2617.57		0.309	2.16	815.23	2.18	92.65	1.98	6.93
Piedra	900.93	2689.35		0.335	2.40	905.58	2.42	102.85	2.25	7.70
Aire	2.00%	-	0.020		-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2289.53</b>		<b>0.356</b>	<b>0.644</b>		<b>2306.00</b>	<b>6.16</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briketa	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	3.18

**Dosificación**

<b>1.00</b>	<b>1.98</b>	<b>2.25</b>	<b>23.80</b>	<b>Lit / bols</b>	<b>0.56</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

317

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B10</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	02-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.14	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.6	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m <sup>3</sup>
Densidad teórica	2289.53	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad real	2372.79	Kg/m <sup>3</sup>
Rendimiento	0.0082	
Agua corregida	206.1	lit/m <sup>3</sup>
Cemento corregido	374.73	Kg.
Piedra húmeda corregida	939.02	Kg.
Piedra seca corregida	934.2	Kg.
Piedra saturada corregida	940.35	Kg.
Arena saturada corregida	851.61	Kg.
Arena seca corregida	840.66	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial corregido por asentamiento y densidad  
 $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
cemento	374.73	1.00	374.73	1.00	42.50	1.00	3.10
agua	206.10	0.55	211.73	0.57	24.01	24.01	1.75
arena	840.66	2.24	847.31	2.26	96.10	2.06	7.00
pedra	934.20	2.49	939.02	2.51	106.50	2.33	7.76
aire a	2.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2355.69</b>		<b>2372.80</b>	<b>6.33</b>			<b>19.60</b>

**Dosificación**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
374.73	206.1	840.66	934.2
1	0.55	2.24	2.49

**Dosificación**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
374.73	211.73	847.31	939.02
1	0.57	2.26	2.51

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

318

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B11</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	12-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2689.35 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción		
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	210 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar (Ss)	13.18
Resistencia requerida 1 ( $f'cr1$ )	227.66 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2 ( $f'cr2$ )	205.71 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	<b>227.66 kg/cm<sup>2</sup></b>
Cantidad de agua para mezcla	205 lit.
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	317.34 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
250	0.61
227.66	<b>0.646</b>
200	0.69

**Diseño de mezclas final para concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ -huso 67**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	317.34	2850.00	0.111		1.00	317.34	1.00	42.50	1.00	2.70
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.65	210.59	0.66	28.05	28.05	1.78
Arena	835.00	2617.57		0.319	2.63	841.61	2.65	112.63	2.41	7.16
Piedra	927.83	2689.35		0.345	2.92	932.62	2.94	124.95	2.73	7.94
<b>TOTAL</b>	<b>2285.17</b>		<b>0.336</b>	<b>0.664</b>		<b>2302.16</b>	<b>7.25</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	2.70

Dosificación				
<b>1.00</b>	<b>2.41</b>	<b>2.73</b>	<b>28.05</b>	<b>0.66</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

320

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B12</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	13-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.146	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.602	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m <sup>3</sup>
Densidad teórica	2285.17	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad real	2373.73	Kg/m <sup>3</sup>
Rendimiento	0.00819	
Agua corregida	205.25	Lit/m <sup>3</sup>
Cemento corregido	315.77	Kg.
Piedra húmeda corregida	969.47	Kg.
Piedra seca corregida	964.49	Kg.
Piedra saturada corregida	970.84	Kg.
Arena saturada corregida	881.87	Kg.
Arena seca corregida	870.53	Kg.

**Tabla elaborada 85 Diseño de mezclas final corregido para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>-huso 67**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
	WS (kg)	WUS	WO	WUO			
Cemento	315.77	1.00	315.77	1.00	42.50	1.00	20.75
Agua	205.25	0.65	211.08	0.67	28.41	28.41	13.87
arena	870.53	2.76	877.42	2.78	118.09	2.53	57.66
Piedra	964.49	3.05	969.47	3.07	130.48	2.85	63.71
Aire a	2.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2356.04</b>		<b>2373.73</b>	<b>7.52</b>			<b>156.00</b>

Dosificación seco			
Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
315.77	205.25	870.53	964.49
1	0.65	2.76	3.05

Dosificación húmedo			
Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
315.77	211.08	877.42	969.47
1	0.67	2.78	3.07

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B13</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	15-09-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2689.35 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción		
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	280 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	365 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	205 litros
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	450.55 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
400	0.42
365	<b>0.455</b>
350	0.47

*Tabla elaborada 86 Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  - huso 67- Muestras cilíndricas de 4"x8"*

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m3)	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
			Volumen existente V (m3)	Distrib. de volum. faltante (m3)						
Cemento	450.55	2850.00	0.158		1.00	450.55	1.00	42.50	1.00	3.82
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.45	210.16	0.47	19.98	19.98	1.80
Arena	774.80	2617.57		0.296	1.72	780.92	1.73	73.53	1.58	6.61
Piedra	863.28	2689.35		0.321	1.92	867.77	1.93	82.03	1.79	7.37
Aire	2.00%	-	0.020		-	-	-	-	-	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>2293.63</b>		<b>0.383</b>	<b>0.617</b>		<b>2309.40</b>	<b>5.13</b>			
			<b>1.000</b>							

Cálculo para mezcla de prueba

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	3.82

Dosificación

<b>1.00</b>	<b>1.58</b>	<b>1.79</b>	<b>19.98</b>	Lit / bols	<b>0.47</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B14</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	02-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial correg.</b>

Corrección de diseño		
Falta agua	0.1	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.568	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2293.63	Kg/m3
Densidad real	2357.72	Kg/m3
Rendimiento	0.00836	
Agua corregida	232.06	lit/m3
Cemento corregido	515.69	Kg.
Piedra húmeda corregida	881.58	Kg.
Piedra seca corregida	877.02	Kg.
Piedra saturada corregida	882.81	Kg.
Arena saturada corregida	727.16	Kg.
Arena seca corregida	717.83	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial corregido por asentamiento y densidad f'c=280 kg/cm2**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
	WS (kg)	WUS	WO	WUO			
cemento	515.69	1.00	515.69	1.00	42.50	1.00	4.29
agua	232.06	0.45	236.95	0.46	19.53	19.53	1.97
arena	717.83	1.39	723.50	1.40	59.63	1.28	6.02
piedra	877.02	1.70	881.58	1.71	72.65	1.59	7.33
aire a	2.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2342.60</b>		<b>2357.72</b>	<b>4.57</b>			<b>19.61</b>

**Dosificación**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
515.69	232.06	717.83	877.02
1	0.45	1.39	1.7

**Dosificación**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
515.69	236.95	723.5	881.58
1	0.46	1.4	1.71

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

324

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B15</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	12-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm<sup>2</sup></b>	Huso	67	Diseño	Final

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2689.35 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y  
AGUA**

Descripción		
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	280 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar ( $S_s$ )	13.55
Resistencia requerida 1 ( $f'cr1$ )	298.16 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2 ( $f'cr2$ )	276.57 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	<b>298.16 kg/cm<sup>2</sup></b>
Cantidad de agua para mezcla	205 lit.
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	377.53 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN  
A/C**

$f'cr$	(a/c)
350	0.47
298.16	<b>0.543</b>
300	0.54

**Diseño de mezclas final para concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ -huso 67**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	377.53	2850.00	0.132		1.00	377.53	1.00	42.50	1.00	3.21
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.54	210.38	0.56	23.80	23.80	1.80
Arena	808.83	2617.57		0.309	2.14	815.22	2.16	91.80	1.97	6.93
Piedra	898.24	2689.35		0.334	2.38	902.91	2.39	101.58	2.22	7.67
<b>TOTAL</b>	<b>2289.60</b>		<b>0.357</b>	<b>0.643</b>		<b>2306.04</b>	<b>6.11</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	3.21

**Dosificación**

<b>1.00</b>	<b>1.97</b>	<b>2.22</b>	<b>23.80</b>	<b>Lit / bols</b>	<b>0.56</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

326

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B16</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	13-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Falta agua	0.09	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.592	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2289.60	Kg/m3
Densidad real	2369.02072	Kg/m3
Rendimiento	0.00832	
Agua corregida	211.06	Lit
Cemento corregido	390.85	Kg.
Piedra húmeda corregida	921.88	Kg.
Piedra seca corregida	917.11	Kg.
Piedra saturada corregida	923.16	Kg.
Arena saturada corregida	843.95	Kg.
Arena seca corregida	833.12	Kg.

**Diseño de mezclas final corregido para f'c=280 kg/cm2-huso 67**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra	Volumen (pie3)	WUO*F	
	WS (kg)	WUS	WO	WUO			WUO*42.5
cemento	390.85	1.00	390.85	1.00	42.50	1.00	25.74
agua	211.06	0.54	216.59	0.55	23.55	23.55	14.26
arena	833.12	2.13	839.70	2.15	91.31	1.96	55.29
piedra	917.11	2.35	921.88	2.36	100.24	2.19	60.71
aire a	2.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2352.14</b>		<b>2369.02</b>	<b>6.06</b>			<b>156.00</b>

Dosificación seco

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
390.85	211.06	833.12	917.11
1	0.54	2.13	2.35

Dosificación húmedo

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
390.85	216.59	839.7	921.88
1	0.55	2.15	2.36

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

327

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B17</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	15-09-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2.69 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción		
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	350 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	435 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	205 litros
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	522.96 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
450	0.38
435	<b>0.392</b>
400	0.42

**CUADRO RESUMEN**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen V (m <sup>3</sup> )		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra (kg) WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F(kg)
			volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib . de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	522.96	2850.00	0.183		1.00	522.96	1.00	42.50	1.00	4.43
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.39	209.95	0.40	17.00	17.00	1.77
Arena	743.39	2617.57		0.284	1.42	749.26	1.43	60.78	1.30	6.33
Piedra	828.32	2689.35		0.308	1.58	832.63	1.59	67.58	1.48	7.04
Aire	0.02	-	0.020		-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2299.67</b>		<b>0.408</b>	<b>0.592</b>		<b>2314.80</b>	<b>4.42</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	4.43

**Dosificación**

<b>1.00</b>	<b>1.30</b>	<b>1.48</b>	<b>17.00</b>	lit/bols	<b>0.40</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

329

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B18</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	03-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial correg.</b>

Corrección de diseño		
Falta agua	0.109	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.547	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m <sup>3</sup>
Densidad teórica	2299.67	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad real	2347.83	Kg/m <sup>3</sup>
Rendimiento	0.00838	
Agua corregida	229	lit/m <sup>3</sup>
Cemento corregido	587.18	Kg.
Piedra húmeda corregida	840.1	Kg.
Piedra seca corregida	835.75	Kg.
Piedra saturada corregida	841.27	Kg.
Arena saturada corregida	690.38	Kg.
Arena seca corregida	681.52	Kg.

*Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial corregido por asentamiento y densidad  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>*

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
	WS (kg)	WUS	WO	WUO			
Cemento	587.18	1.00	587.18	1.00	42.50	1.00	4.90
Agua	229.00	0.39	233.65	0.40	16.91	16.91	1.95
Arena	681.52	1.16	686.90	1.17	49.72	1.07	5.73
Piedra	835.75	1.42	840.10	1.43	60.81	1.33	7.01
Aire a	2.00%						
<b>TOTAL</b>			<b>2347.83</b>	<b>4.00</b>			<b>19.60</b>

**Dosificación**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
587.18	229	681.52	835.75
1	0.39	1.16	1.42

**Dosificación**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
587.18	233.65	686.9	840.1
1.00	0.40	1.17	1.43

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

330

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B19</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	13-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2.69 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción		
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	350 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar (Ss)	29.46
Resistencia requerida 1 ( $f'cr1$ )	389.48 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2 ( $f'cr2$ )	383.64 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	<b>389.48 kg/cm<sup>2</sup></b>
Cantidad de agua para mezcla	205 litros
Aire atrapado	2.00%
Cantidad de cemento	475.64 kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
400	0.42
389.48	<b>0.431</b>
350	0.47

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de cunyac”**

331

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2617.57 kg/cm <sup>3</sup>	2.69 kg/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1615.57 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1739.11 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.52 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.66 %
Módulo de Fineza	2.98	6.77
Tamaño Máximo Nominal	Nº4	3/4 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción		
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	52.00%
Fino	48.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	350 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar (Ss)	29.46
Resistencia requerida 1 ( $f'cr1$ )	389.48 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2 ( $f'cr2$ )	383.64 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	389.48 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	205 litros
Aire atrapado	2.00%

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
400	0.42
389.48	0.431
350	0.47

**Diseño de mezclas final para concreto  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ -huso 67**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra				
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen V (m <sup>3</sup> )		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )
			volumen existente V (m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )					
Cemento	475.64	2850.00	0.167		1.00	475.64	1.00	42.50	1.00
Agua	205.00	1000.00	0.205		0.43	210.09	0.44	18.70	18.70
Arena	764.33	2617.57		0.292	1.61	770.37	1.62	68.85	1.47
Piedra	849.83	2689.35		0.316	1.79	854.25	1.80	76.50	1.67
Aire	2.00%	-	0.020		-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2294.80</b>		<b>0.392</b>	<b>0.608</b>		<b>2310.35</b>	<b>4.86</b>		
			<b>1.000</b>						

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	4.00
Peso de cada briqueta	4.90 kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.60 kg
Factor F = Wtb/WUO	4.03

Dosificación				
<b>1.00</b>	<b>1.47</b>	<b>1.67</b>	<b>18.70</b>	<b>lit/bols</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>	<b>0.44</b>
				<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B20</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	14-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Falta agua	0	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.543	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2294.80	Kg/m3
Densidad real	2345.95	Kg/m3
Rendimiento	0.00835	
Agua corregida	217.13	
Cemento corregido	504.95	Kg.
Piedra húmeda corregida	868.26	Kg.
Piedra seca corregida	863.77	Kg.
Piedra saturada corregida	869.47	Kg.
Arena saturada corregida	754.4	Kg.
Arena seca corregida	744.72	Kg.

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra		Volumen (pie3)	
	WS (kg)	WUS	WO	WUO	WUO*42.5		WUO*F
cemento	504.95	1.00	504.95	1.00	42.50	1.00	31.64
agua	217.13	0.43	222.14	0.44	18.70	18.70	13.92
arena	744.72	1.47	750.60	1.49	63.18	1.35	47.03
piedra	863.77	1.71	868.26	1.72	73.08	1.60	54.41
aire a	2.00%						

Dosificación seco			
Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
504.95	217.13	744.72	863.77
1	0.43	1.47	1.71

Dosificación húmedo			
Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
504.95	222.14	750.6	868.26
1.00	0.44	1.49	1.72

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B21</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	04-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	Cantidad
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	140 Kg/cm <sup>2</sup>
Desv. Estandar Ss	70
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	210 Kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit/m <sup>3</sup>
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	338.28 Kg.

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
250	0.61
210	<b>0.674</b>
200	0.69

Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial  $f'c= 140 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	338.28	2850.00	0.119	-	1.00	338.28	1.00	42.50	1.00	2.96
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.67	235.63	0.70	29.75	29.75	2.07
Arena	816.68	2617.57	-	0.312	2.41	823.13	2.43	103.28	2.21	7.19
Piedra	825.35	2645.35	-	0.312	2.44	829.48	2.45	104.13	2.26	7.25
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.47
<b>TOTAL</b>	<b>2208.31</b>		<b>0.377</b>	<b>0.623</b>		<b>2226.52</b>	<b>6.58</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	2.96	

1.00	2.21	2.26	29.75	lit/bols	0.70
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

336

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B22</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	08-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.356	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.304	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2208.31	Kg/m3
Densidad real	2233.43	Kg/m3
Rendimiento	0.00856	
Agua corregida	208.41	Lit/m3
Cemento corregido	311.06	Kg.
Piedra húmeda corregida	846.96	Kg.
Piedra seca corregida	842.75	Kg.
Piedra saturada corregida	850.5	Kg.
Arena saturada corregida	863.46	Kg.
Arena seca corregida	852.38	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial f'c= 140 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
Cemento	311.06	1.00	311.06	1.00	42.50	1.00	2.73
Agua	208.41	0.67	216.30	0.70	29.75	29.75	1.91
Arena	852.38	2.74	859.11	2.76	117.30	2.51	7.53
Piedra	842.75	2.71	846.96	2.72	115.60	2.51	7.43
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2214.60</b>		<b>2233.43</b>	<b>7.18</b>			

**Dosificación seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
311.06	208.41	852.38	842.75
1.00	0.67	2.74	2.71

**Dosificación húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
311.06	216.3	859.11	846.96
1	0.7	2.76	2.72

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B23</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	09-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm<sup>2</sup></b>	Huso	8	Diseño	Final.

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor	
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	140 Kg/cm <sup>2</sup>
Desv. Estandar Ss	9.9
Resistencia requerida 1( $f'cr1$ )	153.266 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2( $f'cr2$ )	128.067 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	153.27 Kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit/m <sup>3</sup>
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	291.19 kg/m <sup>3</sup>

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
200	0.69
153.27	<b>0.783</b>
150	0.79

**Cuadro resumen de diseño de mezclas final  $f'c= 140 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	291.19	2850.00	0.102	-	1.00	291.19	1.00	42.50	1.00	2.56
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.78	235.83	0.81	34.43	34.43	2.07
Arena	837.50	2617.20	-	0.320	2.88	844.12	2.90	123.25	2.64	7.42
Piedra	846.51	2645.35	-	0.320	2.91	850.74	2.92	124.10	2.69	7.48
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.53
<b>TOTAL</b>	<b>2203.20</b>		<b>0.360</b>	<b>0.640</b>		<b>2221.88</b>	<b>7.63</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	2.56	

1.00	2.64	2.69	34.43	lit/bols	0.81
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

339

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B24</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	11-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.4	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.477	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2203.20	Kg/m3
Densidad real	2314.88	Kg/m4
Rendimiento	0.00826	
Agua corregida	210.53	Lit/m3
Cemento corregido	269.91	Kg.
Piedra húmeda corregida	905.57	Kg.
Piedra seca corregida	901.06	Kg.
Piedra saturada corregida	909.35	Kg.
Arena saturada corregida	925.09	Kg.
Arena seca corregida	913.22	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas final f'c= 140 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
Cemento	269.91	1.00	269.91	1.00	42.50	1.00	2.28
Agua	210.53	0.78	218.97	0.81	34.43	34.43	1.85
Arena	913.22	3.38	920.43	3.41	144.93	3.10	7.77
Piedra	901.06	3.34	905.57	3.36	142.80	3.10	7.66
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2294.72</b>		<b>2314.88</b>	<b>8.58</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
269.91	210.53	913.22	901.06
1.00	0.78	3.38	3.34

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
269.91	218.97	920.43	905.57
1	0.81	3.41	3.36

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B25</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	04-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	n°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	175 Kg/cm <sup>2</sup>
Incremento de resistencia	70 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	245 Kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	368.93 Kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$ kg/cm <sup>2</sup>	(a/c)
250	0.61
245	<b>0.618</b>
200	0.69

Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	368.93	2850.00	0.129	-	1.00	368.93	1.00	42.50	1.00	3.22
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.62	235.51	0.64	27.20	27.20	2.06
Arena	803.60	2617.57	-	0.307	2.18	809.95	2.20	93.50	2.00	7.08
Piedra	812.12	2645.35	-	0.307	2.20	816.18	2.21	93.93	2.04	7.12
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.48
<b>TOTAL</b>	<b>2212.65</b>		<b>0.387</b>	<b>0.613</b>		<b>2230.57</b>	<b>6.05</b>			
			<b>1.000</b>							

Cálculo para mezcla de prueba

N° de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	3.22	

1.00	2.00	2.04	27.20	lit/bols	0.64
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B26</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	08-11-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	Inicial correg.

Descripción	Cantidad	Unidad
Sobra agua	0.29	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.311	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2212.65	Kg/m3
Densidad real	2236.72	Kg/m4
Rendimiento	0.00858	
Agua corregida	214.45	Lit/m3
Cemento corregido	345.89	Kg.
Piedra húmeda corregida	829.84	Kg.
Piedra seca corregida	825.71	Kg.
Piedra saturada corregida	833.31	Kg.
Arena saturada corregida	843.07	Kg.
Arena seca corregida	832.25	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial f'c= 175 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
Cemento	345.89	1.00	345.89	1.00	42.50	1.00	3.03
Agua	214.45	0.62	222.16	0.64	27.20	27.20	1.94
Arena	832.25	2.41	838.82	2.43	103.28	2.21	7.36
Piedra	825.71	2.39	829.84	2.40	102.00	2.21	7.27
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2218.30</b>		<b>2236.72</b>	<b>6.47</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
345.89	214.45	832.25	825.71
1.00	0.62	2.41	2.39

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
345.89	222.16	838.82	829.84
1	0.64	2.43	2.4

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

343

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B27</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	09-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	n°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	175 Kg/cm <sup>2</sup>
Desv. Estandar Ss	22.64
Resistencia requerida 1( $f'cr1$ )	205.3376 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2( $f'cr2$ )	192.7512 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	205.34 Kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	334.8 Kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$ kg/cm <sup>2</sup>	(a/c)
250	0.61
205.34	<b>0.681</b>
200	0.69

Cuadro resumen de diseño de mezclas final  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	334.80	2850.00	0.117	-	1.00	334.80	1.00	42.50	1.00	2.93
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.68	235.66	0.70	29.75	29.75	2.05
Arena	819.18	2617.57	-	0.313	2.45	825.65	2.47	104.98	2.25	7.24
Piedra	827.99	2645.35	-	0.313	2.47	832.13	2.49	105.83	2.30	7.30
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.52
<b>TOTAL</b>	<b>2209.97</b>		<b>0.375</b>	<b>0.625</b>		<b>2228.24</b>	<b>6.66</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	2.93	

1.00	2.25	2.30	29.75	lit/bols	0.70
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

345

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B28</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	11-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.316	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.479	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2209.97	Kg/m3
Densidad real	2315.82	Kg/m4
Rendimiento	0.00829	
Agua corregida	217.61	Lit/m3
Cemento corregido	320.01	Kg.
Piedra húmeda corregida	880.58	Kg.
Piedra seca corregida	876.2	Kg.
Piedra saturada corregida	884.26	Kg.
Arena saturada corregida	893.94	Kg.
Arena seca corregida	882.47	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas final f'c= 175 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
	WS (kg)	WUS	WO	WUO			
Cemento	320.01	1.00	320.01	1.00	42.50	1.00	2.71
Agua	217.61	0.68	225.79	0.71	30.18	30.18	1.92
Arena	882.47	2.76	889.44	2.78	118.15	2.53	7.53
Piedra	876.20	2.74	880.58	2.75	116.88	2.54	7.45
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2296.29</b>		<b>2315.82</b>	<b>7.24</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
320.01	217.61	882.47	876.2
1.00	0.68	2.76	2.74

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
320.01	225.79	889.44	880.58
1	0.71	2.78	2.75

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

346

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B29</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	04-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	n°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	Cantidad
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	210 Kg/cm <sup>2</sup>
Incremento de resistencia	85 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	295 Kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	416.82 Kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(a/c)
300	0.54
295	<b>0.547</b>
250	0.61

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m3)	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
			Volumen existente V(m3)	Distrib. de volum. faltante (m3)						
Cemento	416.82	2850.00	0.146	-	1.00	416.82	1.00	42.50	1.00	3.64
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.55	235.29	0.56	23.80	23.80	2.04
Arena	780.04	2617.57	-	0.298	1.87	786.20	1.89	80.33	1.72	6.88
Piedra	788.31	2645.35	-	0.298	1.89	792.25	1.90	80.75	1.75	6.92
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.48
<b>TOTAL</b>	<b>2213.17</b>		<b>0.404</b>	<b>0.596</b>		<b>2230.56</b>	<b>5.35</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

N° de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas $W_{tb} =$	19.50	kg
Factor $F = W_{tb}/WUO$	3.64	

Dosificación				
1.00	1.72	1.75	23.80	lit/bols
Cemento	Arena	Piedra	Agua	0.56
				a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

348

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B30</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	08-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm2</b>	Huso	8	Diseño	Inicial correg.

**Corrección de datos del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm2-huso 8**

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.23	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.312	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2213.17	Kg/m3
Densidad real	2237.19	Kg/m3
Rendimiento	0.0086	
Agua corregida	217.44	Lit/m3
Cemento corregido	395.35	Kg.
Piedra húmeda corregida	804.65	Kg.
Piedra seca corregida	800.65	Kg.
Piedra saturada corregida	808.02	Kg.
Arena saturada corregida	816.38	Kg.
Arena seca corregida	805.9	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial f'c= 210 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco	Peso unitario seco	Peso en obra	Peso unitario en obra	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
	WS (kg)	WUS	WO	WUO			
Cemento	395.35	1.00	395.35	1.00	42.50	1.00	3.46
Agua	217.44	0.55	224.91	0.57	24.23	24.23	1.97
Arena	805.90	2.04	812.27	2.05	87.13	1.87	7.09
Piedra	800.65	2.03	804.65	2.04	86.70	1.88	7.06
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2219.34</b>		<b>2237.18</b>	<b>5.66</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
395.35	217.44	805.9	800.65
1.00	0.55	2.04	2.03

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
395.35	224.91	812.27	804.65
1	0.57	2.05	2.04

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>					
Ensayo	Diseño de mezclas					<b>B31</b>
Cantera	Cunyac					
Agua	Potable					
Cemento	Yura IP					
Fecha	09-02-19					
Laboratorio	EPIC-UNSAAC					
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final</b>	

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.98	5.95
Tamaño Máximo Nominal	n°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	210 Kg/cm <sup>2</sup>
Desv. Estandar Ss	21.42
Resistencia requerida 1( $f'cr1$ )	238.7028 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2( $f'cr2$ )	224.9086 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	238.7 Kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	363.06 Kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(a/c)
250	0.61
238.7	<b>0.628</b>
200	0.69

**Cuadro resumen de diseño de mezclas final  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra				Mezcla de prueba	
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F	
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	363.06	2850.00	0.127	-	1.00	363.06	1.00	42.50	1.00	3.17
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.63	235.53	0.65	27.63	27.63	2.06
Arena	806.10	2617.20	-	0.308	2.22	812.47	2.24	95.20	2.04	7.10
Piedra	814.77	2645.35	-	0.308	2.24	818.84	2.26	96.05	2.08	7.16
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.49
<b>TOTAL</b>	<b>2211.93</b>		<b>0.385</b>	<b>0.615</b>		<b>2229.90</b>	<b>6.15</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

Nº de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	3.17	

<b>1.00</b>	<b>2.04</b>	<b>2.08</b>	<b>27.63</b>	<b>lit/bols</b>	<b>0.65</b>
<b>Cemento</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Agua</b>		<b>a/c</b>

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

351

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B32</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	11-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Descripción	Cantidad	Unidad
Sobra agua	0.25	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.482	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2211.93	Kg/m3
Densidad real	2317.23	Kg/m4
Rendimiento	0.0083	
Agua corregida	226.51	Lit/m3
Cemento corregido	359.54	Kg.
Piedra húmeda corregida	862.65	Kg.
Piedra seca corregida	858.36	Kg.
Piedra saturada corregida	866.26	Kg.
Arena saturada corregida	864.92	Kg.
Arena seca corregida	853.82	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas final f'c= 210 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
Cemento	359.54	1.00	359.54	1.00	42.50	1.00	3.04
Agua	226.51	0.63	234.47	0.65	27.63	27.63	1.98
Arena	853.82	2.37	860.57	2.39	101.58	2.18	7.27
Piedra	858.36	2.39	862.65	2.40	102.00	2.21	7.30
Aire	2.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2298.23</b>		<b>2317.23</b>	<b>6.44</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
359.54	226.51	853.82	858.36
1.00	0.63	2.37	2.39

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
359.54	234.47	860.57	862.65
1	0.65	2.39	2.4

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

352

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B33</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	04-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.98	5.95
Tamaño Máximo Nominal	n°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	Cantidad
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f_c$ )	280 Kg/cm <sup>2</sup>
Incremento de resistencia	85 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida ( $f_{cr}$ )	365 Kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit/m <sup>3</sup>
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	501.1 Kg/m <sup>3</sup>

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'_{cr}$	(a/c)
400	0.42
365	<b>0.455</b>
350	0.47

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	501.10	2850.00	0.176	-	1.00	501.10	1.00	42.50	1.00	4.37
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.45	234.92	0.47	19.98	19.98	2.05
Arena	740.77	2617.57	-	0.283	1.48	746.62	1.49	63.33	1.36	6.51
Piedra	748.63	2645.35	-	0.283	1.49	752.37	1.50	63.75	1.38	6.56
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.49
<b>TOTAL</b>	<b>2218.50</b>		<b>0.434</b>	<b>0.566</b>		<b>2235.01</b>	<b>4.46</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

Nº de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	4.37	

Dosificación					
1.00	1.36	1.38	19.98	lit/bols	0.47
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B34</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	09-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Inicial correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.1	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.311	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2218.50	Kg/m3
Densidad real	2236.72	Kg/m4
Rendimiento	0.00867	
Agua corregida	231.83	Lit/m3
Cemento corregido	515.18	Kg.
Piedra húmeda corregida	756.63	Kg.
Piedra seca corregida	752.87	Kg.
Piedra saturada corregida	759.8	Kg.
Arena saturada corregida	729.91	Kg.
Arena seca corregida	720.54	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial f'c= 280 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
Cemento	515.18	1.00	515.18	1.00	42.50	1.00	4.52
Agua	231.83	0.45	238.67	0.46	19.55	19.55	2.08
Arena	720.54	1.40	726.23	1.41	59.93	1.28	6.37
Piedra	752.87	1.46	756.63	1.47	62.48	1.36	6.64
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2220.42</b>		<b>2236.71</b>	<b>4.34</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
515.18	231.83	720.54	752.87
1.00	0.45	1.40	1.46

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
515.18	238.67	726.23	756.63
1	0.46	1.41	1.47

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

355

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B35</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	10-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm<sup>2</sup></b>	Huso	8	Diseño	Final

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/m <sup>3</sup>	2.65 g/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	n°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor	
Peso esp. cemento	2.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1	gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	280 Kg/cm <sup>2</sup>
Desv. Estandar Ss	20.75
Resistencia requerida 1( $f'cr1$ )	307.805 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2( $f'cr2$ )	293.3475 Kg/cm <sup>3</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	307.81 Kg/cm <sup>4</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit./m <sup>3</sup>
Aire atrapado	0.03
Cantidad de cemento	431 Kg/m <sup>3</sup>

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
350	0.47
307.81	<b>0.529</b>
300	0.54

**Cuadro resumen de diseño de mezclas final  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	431.00	2850.00	0.151	-	1.00	431.00	1.00	42.50	1.00	3.76
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.53	235.24	0.55	23.38	23.38	2.07
Arena	774.69	2617.57	-	0.296	1.80	780.81	1.81	76.93	1.65	6.81
Piedra	783.02	2645.35	-	0.296	1.82	786.94	1.83	77.78	1.69	6.88
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.52
<b>TOTAL</b>	<b>2216.71</b>		<b>0.409</b>	<b>0.591</b>		<b>2233.99</b>	<b>5.19</b>			
			<b>1.000</b>							

**Cálculo para mezcla de prueba**

Nº de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	3.76	

**Dosificación**

1.00	1.65	1.69	23.38	lit/bols	0.55
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B36</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	12-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.131	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.479	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2216.71	Kg/m3
Densidad real	2315.82	Kg/m4
Rendimiento	0.00837	
Agua corregida	244.8	Lit/m3
Cemento corregido	461.89	Kg.
Piedra húmeda corregida	821.98	Kg.
Piedra seca corregida	817.89	Kg.
Piedra saturada corregida	825.41	Kg.
Arena saturada corregida	783.72	Kg.
Arena seca corregida	773.66	Kg.

*Cuadro resumen de diseño de mezclas final f'c= 280 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)*

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
Cemento	461.89	1.00	461.89	1.00	42.50	1.00	3.90
Agua	244.80	0.53	252.18	0.55	23.38	23.38	2.15
Arena	773.66	1.67	779.77	1.69	71.83	1.54	6.59
Piedra	817.89	1.77	821.98	1.78	75.65	1.64	6.94
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2298.24</b>		<b>2315.82</b>	<b>5.02</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
461.89	244.8	773.66	817.89
1.00	0.53	1.67	1.77

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
461.89	252.18	779.77	821.98
1	0.55	1.69	1.78

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

358

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B37</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	04-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	Huso	8	Diseño	Inicial.

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.96 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.63 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	Cantidad
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Resistencia especificada ( $f'c$ )	350 kg/cm <sup>2</sup>
Incremento de resistencia	85 kg/cm <sup>3</sup>
Resistencia requerida ( $f'cr$ )	435 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit/m <sup>3</sup>
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	581.63 Kg/m <sup>3</sup>

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
450	0.38
435	<b>0.392</b>
400	0.42

Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra					Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	581.63	2850.00	0.204	-	1.00	581.63	1.00	42.50	1.00	5.06
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.39	234.58	0.40	17.00	17.00	2.02
Arena	704.13	2617.57	-	0.269	1.21	709.69	1.22	51.85	1.11	6.17
Piedra	711.60	2645.35	-	0.269	1.22	715.16	1.23	52.28	1.13	6.22
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.47
<b>TOTAL</b>	<b>2225.36</b>		<b>0.462</b>	<b>0.538</b>		<b>2241.06</b>	<b>3.85</b>			
			<b>1.000</b>							

Cálculo para mezcla de prueba

N° de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	5.06	

Dosificación

1.00	1.11	1.13	17.00	lit/bols	0.40
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”**

360

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B38</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	09-10-18				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm2</b>	Huso	8	Diseño	Inicial correg.

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.04	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.311	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m3
Densidad teórica	2225.36	Kg/m3
Densidad real	2236.72	Kg/m4
Rendimiento	0.00869	
Agua corregida	243.96	Lit/m3
Cemento corregido	625.54	Kg.
Piedra húmeda corregida	715.77	Kg.
Piedra seca corregida	712.21	Kg.
Piedra saturada corregida	718.76	Kg.
Arena saturada corregida	648.46	Kg.
Arena seca corregida	640.14	Kg.

**Cuadro resumen de diseño de mezclas inicial f'c= 350 kg/cm2 - muestras cilíndricas de 2" x 4" (corregido por asentamiento y densidad)**

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie3)	WUO*F
Cemento	625.54	1.00	625.54	1.00	42.50	1.00	5.49
Agua	243.96	0.39	250.22	0.40	17.00	17.00	2.20
Arena	640.14	1.02	645.20	1.03	43.78	0.94	5.65
Piedra	712.21	1.14	715.77	1.14	48.45	1.05	6.26
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2221.85</b>		<b>2236.72</b>	<b>3.57</b>			

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena seca	Piedra seca
625.54	243.96	640.14	712.21
1.00	0.39	1.02	1.14

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena húmeda	Piedra húmeda
625.54	250.22	645.2	715.77
1	0.4	1.03	1.14

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>					
Ensayo	Diseño de mezclas					<b>B39</b>
Cantera	Cunyac					
Agua	Potable					
Cemento	Yura IP					
Fecha	09-02-19					
Laboratorio	EPIC-UNSAAC					
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final</b>	

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Descripción	Arena	Piedra
Peso específico de masa	2.62 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1648.46 kg/m <sup>3</sup>	1626.9 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1781.81 kg/m <sup>3</sup>	1750.6 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Humedad	0.79 %	0.50 %
Porcentaje de Absorción	1.30 %	0.92 %
Módulo de Fineza	2.95	5.95
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/8 pulg

**PROPIEDADES CEMENTO Y AGUA**

Descripción	valor
Peso esp. cemento	2.85 gr/cm <sup>3</sup>
Peso esp. agua	1 gr/cm <sup>3</sup>

**PORCENTAJE DE AGREGADO**

Agregado	Porcentaje
Grueso	50.00%
Fino	50.00%

**CONSIDERACIONES INICIALES**

Asentamiento	3 a 4 Pulg.
Resistencia especificada ( $f'c$ )	350 kg/cm <sup>2</sup>
Desv. Estandar Ss	21.05
Resistencia requerida 1( $f'cr1$ )	378.207 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida 2( $f'cr2$ )	364.0465 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia requerida mayor ( $f'cr$ )	378.21 kg/cm <sup>2</sup>
Cantidad de agua para mezcla	228 Lit
Aire atrapado	3.00%
Cantidad de cemento	515.84 Kg

**SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C**

$f'cr$	(a/c)
400	0.42
378.21	0.442
350	0.47

Cuadro resumen de diseño de mezclas final  $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$  - muestras cilíndricas de 2" x 4" (sin corrección por asentamiento y densidad)

Descripción	Cálculo en seco				Cálculo en obra				Mezcla de prueba	
	Peso seco WS (kg)	Peso específico Pe (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen		Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
			Volumen existente V(m <sup>3</sup> )	Distrib. de volum. faltante (m <sup>3</sup> )						
Cemento	515.84	2850.00	0.181	-	1.00	515.84	1.00	42.50	1.00	4.48
Agua	228.00	1000.00	0.228	-	0.44	234.87	0.46	19.55	19.55	2.06
Arena	735.43	2617.20	-	0.281	1.43	741.24	1.44	61.20	1.31	6.45
Piedra	743.34	2645.35	-	0.281	1.44	747.06	1.45	61.63	1.34	6.50
Aire	3.00%	-	0.030	-	-	-	-	-	-	19.49
<b>TOTAL</b>	<b>2222.61</b>		<b>0.439</b>	<b>0.561</b>		<b>2239.01</b>	<b>4.35</b>			
			<b>1.000</b>							

Cálculo para mezcla de prueba

Nº de briquetas	30.00	unidades
Peso de cada briqueta	0.65	kg
Peso total de briquetas Wtb=	19.50	kg
Factor F = Wtb/WUO	4.48	

1.00	1.31	1.34	19.55	lit/bols	0.46
Cemento	Arena	Piedra	Agua		a/c

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c=$   
140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”**

363

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c=</math> 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>				
Ensayo	Diseño de mezclas				<b>B40</b>
Cantera	Cunyac				
Agua	Potable				
Cemento	Yura IP				
Fecha	12-02-19				
Laboratorio	EPIC-UNSAAC				
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Diseño</b>	<b>Final correg.</b>

Corrección de diseño		
Sobra agua	0.03	Lit.
Peso de proctor	6.5602	Kg.
Peso de concreto + proctor	11.476	Kg.
Volumen proctor	0.002124	m <sup>3</sup>
Densidad teórica	2222.61	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad real	2314.41	Kg/m <sup>4</sup>
Rendimiento	0.00841	
Agua corregida	254.46	Lit/m <sup>3</sup>
Cemento corregido	578.32	Kg.
Piedra húmeda corregida	772.89	Kg.
Piedra seca corregida	769.04	Kg.
Piedra saturada corregida	776.12	Kg.
Arena saturada corregida	705.51	Kg.
Arena seca corregida	696.46	Kg.

Descripción	Cálculo en seco		Cálculo en obra				Mezcla de prueba
	Peso seco WS (kg)	Peso unitario seco WUS	Peso en obra WO	Peso unitario en obra WUO	WUO*42.5	Volumen (pie <sup>3</sup> )	WUO*F
Cemento	578.32	1.00	578.32	1.00	42.50	1.00	4.90
Agua	254.46	0.44	261.24	0.45	19.13	19.13	2.21
Arena	696.46	1.20	701.96	1.21	51.43	1.10	5.93
Piedra	769.04	1.33	772.89	1.34	56.95	1.24	6.57
Aire	3.00%	-	-	-	-	-	-

**Dosificación en seco**

Cemento	Agua	Arena	Piedra
578.32	254.46	696.46	769.04
1.00	0.44	1.20	1.33

**Dosificación en húmedo**

Cemento	Agua	Arena	Piedra
578.32	261.24	701.96	772.89
1	0.45	1.21	1.34

# C

## (COMPRESIÓN SIMPLE Y VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO)

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera de cunyac”**

365

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos $f'c= 140, 175, 210, 280$ y $350 \text{ kg/cm}^2$ con agregados de la cantera de Cunyac”								
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico							<b>C1</b>
Cantera	Cunyac							
Fecha	27-11-18							
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest							
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>7 días</b>	

**Resultados de mediciones resistencias y velocidades ultrasónicas Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$  (muestras cilíndricas de 4"x8"-07 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad ultrasónica (m/s)
07-140-01	7	4.003	10731.60	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2354.71	131.85	3900
07-140-02	7	4.017	10824.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2362.94	133.25	3850
07-140-03	7	4.000	10498.40	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2352.94	128.99	3857
07-140-04	7	3.997	10942.80	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2351.18	134.45	3842
07-140-05	7	3.997	10643.60	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2351.18	131.29	3870
07-140-06	7	4.013	11308.00	10.15	20.6	2.03	80.91	0.0017	2360.59	139.76	3870
07-140-07	7	3.997	10392.80	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2351.18	128.20	3840
07-140-08	7	4.004	10687.60	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2355.29	131.57	3900
07-140-09	7	4.001	10903.20	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2353.53	133.96	3832
07-140-10	7	3.998	11237.60	10.15	20.5	2.02	80.91	0.0017	2351.76	138.89	3832
07-140-11	7	4.003	10560.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2354.71	130.00	3870
07-140-12	7	4.007	10524.80	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2357.06	129.57	3842
07-140-13	7	3.999	11418.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2352.35	140.29	3932
07-140-14	7	4.011	10947.20	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2359.41	134.77	3870
07-140-15	7	4.017	11290.40	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2362.94	138.72	3834
<b>Promedio</b>									<b>2355.45</b>	<b>133.70</b>	<b>3863</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S <sup>2</sup> )=	15.41
Desviación estándar S=	3.93
Coefficiente de variación	2.94%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

366

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C2</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	30-11-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>14 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=140 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-14 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica
14-140-01	21	3.996	12570.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2350.59	154.44	4227
14-140-02	21	4.006	14310.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2356.47	176.17	4232
14-140-03	21	3.999	14310.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2352.35	176.51	4227
14-140-04	21	3.999	13140.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2352.35	161.76	4158
14-140-05	21	4.010	12114.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2358.82	148.84	4160
14-140-06	21	4.010	12108.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2358.82	149.06	4160
14-140-07	21	3.995	12924.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2350.00	159.1	4158
14-140-08	21	3.996	14250.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2350.59	175.08	4227
14-140-09	21	4.000	13728.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2352.94	169.34	4227
14-140-10	21	4.000	14364.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2352.94	176.83	4232
14-140-11	21	4.012	13002.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2360.00	160.06	4158
14-140-12	21	4.012	13668.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2360.00	168.6	4177
14-140-13	21	4.016	14250.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2362.35	175.77	4227
14-140-14	21	4.010	14190.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2358.82	175.03	4227
14-140-15	21	4.010	14742.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2358.82	181.13	4227
<b>Promedio</b>									<b>2355.72</b>	<b>167.18</b>	<b>4202</b>

**Medidas de dispersión (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	116.6
Desviación estándar S=	10.8
Coefficiente de variación	6.46%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

367

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>						
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						<b>C3</b>
Cantera	Cunyac						
Fecha	05-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4" y alt= 8"</b>	<b>Edad</b>	<b>21 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=140 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-21 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
21-140-01	14	4.000	15640.90	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2352.94	192.55	4277
21-140-02	14	3.990	14844.40	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2347.06	182.75	4270
21-140-03	14	4.000	14797.20	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2352.94	182.16	4270
21-140-04	14	4.160	14814.90	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2447.06	182.02	4298
21-140-05	14	3.984	14649.70	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2343.53	180.7	4203
21-140-06	14	3.986	13528.70	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2344.71	166.88	4142
21-140-07	14	4.002	13935.80	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2354.12	171.56	4286
21-140-08	14	3.994	13133.40	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2349.41	162	4177
21-140-09	14	3.998	13204.20	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2351.76	162.55	4182
21-140-10	14	3.980	14773.60	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2341.18	182.23	4290
21-140-11	14	3.981	14095.10	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2341.76	173.86	4277
21-140-12	14	4.001	15121.70	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2353.53	186.16	4298
21-140-13	14	4.020	14661.50	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2364.71	180.85	4277
21-140-14	14	3.980	14224.90	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2341.18	175.46	4188
21-140-15	14	3.988	14632.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2345.88	180.49	4298
<b>Promedio</b>									<b>2355.45</b>	<b>177.48</b>	<b>4249</b>

**Medidas de dispersion (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	75.23
Desviación estándar S=	8.67
Coefficiente de variación	4.89%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

368

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C4</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	10-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4" y alt= 8"</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=140 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-140-01	28	3.99	16051.06	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2347.06	197.99	4249
28-140-02	28	4.002	14132.10	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2354.12	173.98	4217
28-140-03	28	3.996	15727.38	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2350.59	193.62	4242
28-140-04	28	3.997	15062.68	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2351.18	185.07	4232
28-140-05	28	4.001	15559.76	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2353.53	191.55	4242
28-140-06	28	4.01	15380.58	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2358.82	188.97	4242
28-140-07	28	3.998	14652.30	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2351.76	180.38	4242
28-140-08	28	3.99	14871.94	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2347.06	183.08	4247
28-140-09	28	3.999	15432.60	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2352.35	190.36	4237
28-140-10	28	3.998	14484.68	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2351.76	178.67	4217
28-140-11	28	4.02	15322.78	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2364.71	189.01	4227
28-140-12	28	4.004	15762.06	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2355.29	194.04	4282
28-140-13	28	4.01	15253.42	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2358.82	187.78	4279
28-140-14	28	4.01	14704.32	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2358.82	180.66	4259
28-140-15	28	4.003	15819.86	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2354.71	194.37	4249
<b>Promedio</b>									<b>2354.04</b>	<b>187.30</b>	<b>4244</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	46.4
Desviación estándar S=	6.81
Coficiente de variación	3.64%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de cunyac”**

369

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos $f'c= 140, 175, 210, 280$ y $350$ kg/cm <sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C5</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	28-11-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4" y alt= 8"</b>	<b>Edad</b>	<b>07 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> (muestras cilíndricas de 4"x8"-07 días)**

Cód.	Edad	Peso	Fuerza	Diámetro	Altura	H/D	Área	Volumen	Densidad	$f'c$	Velocidad
07-175-01	7	4.003	13302.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2354.71	163.76	4140
07-175-02	7	4.021	11704.50	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2365.29	144.09	3999
07-175-03	7	4.021	12807.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2365.29	157.66	4070
07-175-04	7	4.025	12726.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2367.65	156.36	4132
07-175-05	7	4.026	12649.50	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2368.24	155.42	4150
07-175-06	7	4.017	13837.50	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2362.94	170.35	4132
07-175-07	7	4.017	13095.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2362.94	161.21	4158
07-175-08	7	4.016	12906.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2362.35	159.20	4002
07-175-09	7	4.027	12820.50	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2368.82	158.14	4159
07-175-10	7	4.006	12681.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2356.47	155.81	4149
07-175-11	7	4.030	12766.50	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2370.59	157.48	4149
07-175-12	7	4.040	12982.50	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2376.47	159.82	4132
07-175-13	7	4.034	12559.50	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2372.94	154.92	4155
07-175-14	7	4.039	12541.50	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2375.88	154.39	4155
07-175-15	7	4.020	12672.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2364.71	156.00	4139
<b>Promedio</b>									<b>2366.35</b>	<b>157.64</b>	<b>4121</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza (S <sup>2</sup> )	30.95
Desviación estándar S	5.56
Coefficiente de variación	3.53%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

370

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C6</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	30-11-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>14 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=175 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-14 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
14-175-	14	4.003	14779.80	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2354.71	181.95	4297
14-175-	14	4.006	15308.16	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2356.47	188.08	4257
14-175-	14	4.030	15879.36	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2370.59	195.49	4282
14-175-	14	3.998	15327.20	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2351.76	188.69	4277
14-175-	14	4.040	15646.12	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2376.47	192.62	4282
14-175-	14	4.036	14974.96	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2374.12	184.72	4290
14-175-	14	4.027	15798.44	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2368.82	194.87	4237
14-175-	14	4.028	15993.60	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2369.41	196.51	4299
14-175-	14	4.023	15555.68	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2366.47	191.88	4300
14-175-	14	4.032	15522.36	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.76	191.47	4277
14-175-	14	4.040	16231.60	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2376.47	199.43	4299
14-175-	14	4.019	15084.44	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2364.12	185.70	4270
14-175-	14	4.018	15822.24	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2363.53	194.40	4260
14-175-	14	4.023	16374.40	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2366.47	201.58	4302
14-175-	14	4.023	15198.68	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2366.47	187.48	4277
<b>Promedio</b>									<b>2366.51</b>	<b>191.66</b>	<b>4280</b>

**Medidas de dispersion (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	30.92
Desviación estándar S=	5.56
Coefficiente de variación	2.90%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

371

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C7</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	05-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>21 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=175 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-21 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
21-175-	21	4.032	17287.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.76	213.24	4312
21-175-	21	4.025	16443.30	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2367.65	202.43	4300
21-175-	21	4.021	19086.50	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2365.29	234.51	4359
21-175-	21	4.032	17493.50	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2371.76	214.93	4312
21-175-	21	4.040	17298.80	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2376.47	213.38	4317
21-175-	21	4.029	16048.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2370.00	197.95	4297
21-175-	21	4.027	16018.50	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2368.82	196.81	4277
21-175-	21	4.017	16738.30	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2362.94	206.47	4337
21-175-	21	3.998	16567.20	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2351.76	203.95	4337
21-175-	21	3.999	17287.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2352.35	213.24	4327
21-175-	21	4.032	16443.30	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.76	202.83	4327
21-175-	21	4.038	19086.50	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2375.29	235.43	4347
21-175-	21	4.040	17493.50	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2376.47	215.78	4299
21-175-	21	4.043	17298.80	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2378.24	212.96	4317
21-175-	21	4.032	16048.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.76	197.95	4277
<b>Promedio</b>									<b>2368.82</b>	<b>210.79</b>	<b>4316</b>

**Medidas de dispersion (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	139.94
Desviación estándar S=	11.83
Coefficiente de variación	5.61%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

372

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C8</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	10-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=175 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-175-	28	4.039	18355.75	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2375.88	226.42	4330
28-175-	28	4.028	18242.70	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2369.41	224.14	4327
28-175-	28	4.028	18326.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2369.41	225.61	4293
28-175-	28	4.029	17939.25	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2370.00	221.28	4292
28-175-	28	4.018	17231.20	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2363.53	212.55	4275
28-175-	28	4.019	18171.30	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2364.12	224.14	4322
28-175-	28	4.018	18641.35	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2363.53	229.94	4317
28-175-	28	4.019	18302.20	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2364.12	225.76	4317
28-175-	28	4.034	18516.40	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2372.94	228.40	4305
28-175-	28	4.045	17683.40	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2379.41	218.13	4285
28-175-	28	4.028	19676.65	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2369.41	242.23	4342
28-175-	28	4.017	19099.50	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2362.94	235.13	4335
28-175-	28	4.043	18671.10	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2378.24	229.85	4317
28-175-	28	4.038	18587.80	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2375.29	229.28	4317
28-175-	28	4.012	17772.65	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2360.00	218.79	4265
<b>Promedio</b>									<b>2369.22</b>	<b>226.11</b>	<b>4309</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza (S2)	51.28
Desviación estándar S	7.16
Coefficiente de variación	3.17%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera de cunyac”**

373

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>						
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						<b>C9</b>
Cantera	Cunyac						
Fecha	28-11-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>07 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (muestras cilíndricas de 4"x8"-07 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad ultrasónica (m/s)
07-210-01	7	4.025	14422.80	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2367.65	177.21	4227
07-210-02	7	4.022	15850.80	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2365.88	195.52	4299
07-210-03	7	4.030	15789.60	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2370.59	194.38	4257
07-210-04	7	4.037	16537.60	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2374.71	203.99	4317
07-210-05	7	4.034	17319.60	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2372.94	213.22	4317
07-210-06	7	3.999	15714.80	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2352.35	193.84	4257
07-210-07	7	4.036	16394.80	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2374.12	201.83	4297
07-210-08	7	4.040	17142.80	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2376.47	210.63	4317
07-210-09	7	4.047	18373.60	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2380.59	225.75	4317
07-210-10	7	4.047	16592.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2380.59	204.66	4299
07-210-11	7	4.029	17136.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2370.00	210.54	4299
07-210-12	7	4.034	17346.80	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2372.94	213.97	4299
07-210-13	7	4.034	17190.40	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2372.94	211.63	4279
07-210-14	7	4.030	16367.60	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2370.59	201.50	4286
07-210-15	7	4.039	15470.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2375.88	190.82	4257
<b>Total</b>									<b>2371.88</b>	<b>203.30</b>	<b>4288</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza (S <sup>2</sup> )	140.4
Desviación estándar (S)	11.85
Coefficiente de variación	5.83%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

374

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C10</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	03-11-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>14 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=210 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-14 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
14-210-01	14	4.031	20515.50	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2371.18	252.06	4332
14-210-02	14	4.031	20350.60	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2371.18	250.53	4332
14-210-03	14	4.038	22348.80	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2375.29	274.59	4380
14-210-04	14	4.039	21883.20	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2375.88	268.87	4386
14-210-05	14	4.037	20903.50	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2374.71	257.85	4386
14-210-06	14	4.042	21941.40	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2377.65	270.11	4379
14-210-07	14	4.037	19254.50	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2374.71	236.57	4286
14-210-08	14	4.037	20884.10	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2374.71	257.61	4379
14-210-09	14	4.020	19409.70	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2364.71	238.95	4332
14-210-10	14	4.041	22436.10	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2377.06	276.75	4379
14-210-11	14	4.041	20602.80	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2377.06	253.14	4379
14-210-12	14	4.024	21165.40	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2367.06	261.08	4379
14-210-13	14	4.024	20835.60	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2367.18	256.00	4380
14-210-14	14	4.020	22183.90	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2364.71	273.64	4379
14-210-15	14	4.045	21660.10	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2379.41	266.65	4379
<b>Total</b>									<b>2372.83</b>	<b>259.63</b>	<b>4364</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	151.56
Desviación estándar S=	12.31
Coefficiente de variación	4.74%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

375

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C11</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	06-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>21 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=210 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-21 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
21-210-	21	4.040	21549.80	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2376.47	265.82	4379
21-210-	21	4.042	22512.80	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2377.65	277.70	4380
21-210-	21	4.040	20608.20	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2376.47	254.20	4379
21-210-	21	4.043	21400.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2378.24	263.45	4379
21-210-	21	4.039	23486.50	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2375.88	289.14	4380
21-210-	21	4.035	21549.80	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2373.53	265.29	4332
21-210-	21	4.027	22512.80	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2368.82	277.70	4427
21-210-	21	4.043	20608.20	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2378.24	254.20	4379
21-210-	21	4.028	21400.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2369.41	262.93	4379
21-210-	21	3.999	23486.50	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2352.35	289.14	4427
21-210-	21	3.998	21549.80	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2351.76	265.29	4332
21-210-	21	4.041	22512.80	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2377.06	277.70	4447
21-210-	21	4.035	20608.20	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2373.53	254.20	4379
21-210-	21	4.032	21400.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.76	263.97	4379
21-210-	21	4.037	23486.50	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2374.71	289.71	4477
<b>Total</b>									<b>2371.73</b>	<b>270.03</b>	<b>4390</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza (S2)	159.93
Desviación estándar S	12.65
Coefficiente de variación	4.68%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

376

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C12</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	11-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=210 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-210-01	28	4.035	24780.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2373.53	304.46	4408
28-210-02	28	4.027	22290.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2368.82	274.95	4379
28-210-03	28	4.036	23810.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2374.12	292.54	4373
28-210-04	28	4.029	23460.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2370.00	289.38	4427
28-210-05	28	4.025	22400.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2367.65	275.22	4332
28-210-06	28	4.028	23000.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2369.41	283.71	4379
28-210-07	28	4.015	22530.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2361.76	277.36	4379
28-210-08	28	4.032	24540.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2371.76	301.51	4427
28-210-09	28	4.043	23050.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2378.24	284.32	4379
28-210-10	28	4.022	22730.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2365.88	279.82	4379
28-210-11	28	4.037	23540.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2374.71	289.22	4427
28-210-12	28	4.024	24750.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2367.06	305.29	4379
28-210-13	28	4.022	24220.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2365.88	297.58	4427
28-210-14	28	4.038	24250.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2375.29	298.54	4373
28-210-15	28	4.039	21950.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2375.88	270.22	4332
<b>Total</b>									<b>2370.67</b>	<b>288.27</b>	<b>4387</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza (S2)	131.43
Desviación estándar S	<b>11.46</b>
Coefficiente de variación	3.80%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

377

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>						
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						<b>C13</b>
Cantera	Cunyac						
Fecha	29-11-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>07 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=280 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-07 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
07-280-01	7	3.998	20626.90	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2351.76	253.93	4362
07-280-02	7	4.030	20642.70	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2370.59	253.63	4362
07-280-03	7	4.044	20326.70	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2378.82	249.74	4306
07-280-04	7	4.027	19347.10	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2368.82	238.65	4357
07-280-05	7	4.039	20405.70	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2375.88	251.21	4349
07-280-06	7	4.032	19347.10	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2371.76	238.65	4342
07-280-07	7	4.033	19615.70	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2372.35	241.96	4356
07-280-08	7	4.035	19536.70	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2373.53	240.51	4357
07-280-09	7	4.037	20461.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2374.71	251.89	4372
07-280-10	7	4.016	20942.90	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2362.35	258.33	4352
07-280-11	7	4.032	19805.30	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2371.76	243.34	4323
07-280-12	7	4.024	18912.60	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2367.06	232.37	4359
07-280-13	7	4.034	21077.20	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2372.94	258.97	4377
07-280-14	7	4.039	19505.10	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2375.88	240.60	4327
07-280-15	7	4.020	19536.70	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2364.71	240.99	4319
<b>Total</b>									<b>2370.19</b>	<b>246.32</b>	<b>4348</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

Nº de muestra	15
Varianza (S2)	65.52
Desviación estándar S	<b>8.09</b>
Coefficiente de variación	3.28%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

378

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C14</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	03-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4" y alt= 8"</b>	<b>Edad</b>	<b>14 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=280 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-14 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
14-280-01	14	3.999	27960.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2352.35	344.89	4427
14-280-02	14	4.042	24880.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2377.65	306.29	4408
14-280-03	14	4.030	26970.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2370.59	332.68	4427
14-280-04	14	3.999	25040.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2352.35	308.87	4408
14-280-05	14	4.041	24560.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2377.06	302.95	4427
14-280-06	14	4.039	24990.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2375.88	308.25	4323
14-280-07	14	4.033	25730.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2372.35	316.13	4427
14-280-08	14	4.027	22240.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2368.82	273.79	4379
14-280-09	14	4.028	24970.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2369.41	306.79	4408
14-280-10	14	4.036	25180.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2374.12	310.60	4379
14-280-11	14	4.018	23180.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2363.53	285.93	4386
14-280-12	14	4.046	25060.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2380.00	309.12	4427
14-280-13	14	4.025	24670.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2367.65	303.11	4408
14-280-14	14	4.032	23330.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2371.76	287.78	4389
14-280-15	14	4.040	25920.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2376.47	319.09	4379
<b>Total</b>									<b>2370.00</b>	<b>307.75</b>	<b>4400</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

Nº de muestra	15
Varianza (S2)	306.22
Desviación estándar S	17.5
Coefficiente de variación	5.69%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f_c= 140, 175, 210, 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de cunyac”**

379

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f_c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350</math> kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>							
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						<b>C15</b>
Cantera	Cunyac						
Fecha	06-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>21 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> (muestras cilíndricas de 4"x8"-21 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad ultrasónica (m/s)
21-280-01	21	4.042	26660.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2377.65	328.20	4402
21-280-02	21	4.040	26390.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2376.47	325.52	4408
21-280-03	21	4.037	26730.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2374.71	328.42	4427
21-280-04	21	4.038	28150.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2375.29	347.23	4457
21-280-05	21	4.038	24990.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2375.29	307.64	4427
21-280-06	21	4.031	24940.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2371.18	307.64	4427
21-280-07	21	3.997	25230.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2351.18	309.99	4408
21-280-08	21	3.995	24880.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2350.00	305.69	4408
21-280-09	21	4.023	27460.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2366.47	337.39	4477
21-280-10	21	4.032	26870.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2371.76	330.79	4427
21-280-11	21	4.025	25330.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2367.65	311.22	4379
21-280-12	21	3.995	25530.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2350.00	313.67	4370
21-280-13	21	4.046	26740.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2380.00	328.54	4579
21-280-14	21	4.044	26390.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2378.82	324.88	4408
21-280-15	21	4.040	25000.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2376.47	308.38	4408
<b>Total</b>									<b>2369.53</b>	<b>321.01</b>	<b>4427</b>

**Medidas de dispersion (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S <sup>2</sup> )=	162.36
Desviación estándar S=	12.74
Coefficiente de variación	3.97%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

380

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C16</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	11-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4" y alt= 8"</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=280 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 4"x8"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-280-01	28	4.024	27280.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2367.06	335.18	4477
28-280-02	28	4.032	29480.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2371.76	362.92	4427
28-280-03	28	4.037	30150.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2374.71	371.90	4351
28-280-04	28	4.038	29010.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2375.29	357.84	4427
28-280-05	28	4.038	29530.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2375.29	363.54	4427
28-280-06	28	4.031	28980.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.18	357.47	4427
28-280-07	28	3.998	30230.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2351.76	371.42	4379
28-280-08	28	4.036	29530.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2374.12	362.82	4427
28-280-09	28	4.018	27270.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2363.53	336.38	4477
28-280-10	28	4.039	27160.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2375.88	334.36	4379
28-280-11	28	4.027	26540.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2368.82	326.73	4408
28-280-12	28	4.031	28460.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.18	351.05	4447
28-280-13	28	4.032	27350.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2371.76	336.04	4379
28-280-14	28	4.031	27800.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.18	342.91	4477
28-280-15	28	4.025	26400.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2367.65	324.36	4408
<b>Total</b>									<b>2370.08</b>	<b>348.99</b>	<b>4421</b>

**Medidas de dispersion (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	217.39
Desviación estándar S=	14.74
Coefficiente de variación	4.22%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera de cunyac”**

381

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos $f'c= 140, 175, 210, 280$ y $350 \text{ kg/cm}^2$ con agregados de la cantera de Cunyac”								
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico							<b>C17</b>
Cantera	Cunyac							
Fecha	29-11-18							
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest							
<b>Resistencia</b>	<b>250 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>07 días</b>	

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (muestras cilíndricas de 4"x8"-07 días**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad ultrasónica (m/s)
07-350-01	7	3.998	27960.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2351.76	344.21	4457
07-350-02	7	4.025	24880.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2367.65	305.69	4427
07-350-03	7	4.029	26970.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2370.00	332.68	4422
07-350-04	7	4.035	25040.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2373.53	308.26	4323
07-350-05	7	4.034	24560.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2372.94	302.95	4427
07-350-06	7	4.024	24990.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2367.06	308.25	4408
07-350-07	7	4.027	25730.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2368.82	317.38	4427
07-350-08	7	4.044	22240.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2378.82	274.33	4379
07-350-09	7	4.021	24970.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2365.29	307.40	4408
07-350-10	7	4.023	25180.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2366.47	309.37	4332
07-350-11	7	4.012	23180.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2360.00	285.36	4379
07-350-12	7	3.999	25060.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2352.35	308.51	4427
07-350-13	7	4.034	24670.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2372.94	304.30	4370
07-350-14	7	4.010	23330.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2358.82	287.78	4379
07-350-15	7	4.032	25920.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2371.76	318.47	4427
<b>Promedio</b>									<b>2366.55</b>	<b>307.66</b>	<b>4399</b>

**Medidas de dispersion (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S <sup>2</sup> )=	301.31
Desviación estándar S=	17.36
Coefficiente de variación	5.64%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera de cunyac”**

382

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos $f'c= 140, 175, 210, 280$ y $350 \text{ kg/cm}^2$ con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C18</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	04-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briquea</b>	<b>Diám = 4” y alt= 8”</b>	<b>Edad</b>	<b>14 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (muestras cilíndricas de 4"x8"-14 días))**

Cód.	Edad	Peso	Fuerza	Diámetro	Altura	H/D	Área	Volumen	Densidad	$f'c$	Velocidad
14-350-01	14	4.035	31000.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2373.53	380.88	4477
14-350-02	14	3.999	31690.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2352.35	390.90	4477
14-350-03	14	4.031	30710.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.18	378.81	4427
14-350-04	14	4.022	32300.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2365.88	397.64	4477
14-350-05	14	3.998	32400.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2351.76	398.87	4502
14-350-06	14	4.020	32900.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2364.71	405.82	4527
14-350-07	14	4.033	30730.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2372.35	379.06	4427
14-350-08	14	3.998	31280.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2351.76	385.08	4499
14-350-09	14	4.020	31600.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2364.71	389.79	4577
14-350-10	14	4.029	31380.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2370.00	385.55	4527
14-350-11	14	4.028	30460.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2369.41	375.72	4477
14-350-12	14	4.020	31530.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2364.71	388.16	4532
14-350-13	14	4.027	32510.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2368.82	401.01	4579
14-350-14	14	4.027	31570.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2368.82	388.65	4427
14-350-15	14	4.031	30060.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2371.18	370.06	4427
<b>Promedio</b>									<b>2365.41</b>	<b>387.73</b>	<b>4491</b>

**Medidas de dispersión (compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza (S <sup>2</sup> )	100.8
Desviación estándar S	10.04
Coefficiente de variación	2.59%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera de cunyac”**

383

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>							
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						<b>C19</b>
Cantera	Cunyac						
Fecha	07-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4" y alt= 8"</b>	<b>Edad</b>	<b>21 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (muestras cilíndricas de 4"x8"-21 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad ultrasónica (m/s)
21-350-01	21	4.009	31810.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2358.24	391.60	4527
21-350-02	21	4.031	32260.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2371.18	397.14	4577
21-350-03	21	4.012	34970.00	10.17	20.5	2.02	81.23	0.0017	2360.00	430.51	4679
21-350-04	21	3.997	31750.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2351.18	390.10	4477
21-350-05	21	3.995	31700.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2350.00	391.02	4482
21-350-06	21	4.250	33210.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2500.00	409.65	4699
21-350-07	21	4.018	33670.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2363.53	413.69	4579
21-350-08	21	3.987	33770.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2345.29	414.92	4599
21-350-09	21	4.015	33450.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2361.76	412.61	4579
21-350-10	21	4.029	32560.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2370.00	401.63	4579
21-350-11	21	3.997	33670.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2351.18	415.32	4604
21-350-12	21	3.998	33040.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2351.76	406.75	4527
21-350-13	21	4.012	32440.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2360.00	398.57	4477
21-350-14	21	4.003	33360.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2354.71	409.88	4577
21-350-15	21	4.001	33500.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2353.53	412.41	4532
<b>Promedio</b>									<b>2366.82</b>	<b>406.39</b>	<b>4566</b>

**Medidas de dispersion (compresion simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S <sup>2</sup> )=	126.8
Desviación estándar S=	11.26
Coefficiente de variación	2.77%

Bach. Callaymara Ayquipa Rita  
 Bach. Navarro Concha, Euler abad

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera de cunyac”**

384

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos $f'c= 140, 175, 210, 280$ y $350 \text{ kg/cm}^2$ con agregados de la cantera de Cunyac”							<b>C20</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	12-12-18						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>350 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>67</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 4" y alt= 8"</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (muestras cilíndricas de 4"x8"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-350-01	28	4.034	38220.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2372.94	469.59	4619
28-350-02	28	4.028	35500.00	10.16	20.6	2.03	81.07	0.0017	2369.41	437.89	4632
28-350-03	28	4.029	36390.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2370.00	447.99	4599
28-350-04	28	4.032	34780.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.76	429.01	4499
28-350-05	28	3.999	37170.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2352.35	457.59	4479
28-350-06	28	4.027	35170.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2368.82	433.82	4517
28-350-07	28	4.013	35820.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2360.59	440.10	4432
28-350-08	28	4.024	34510.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2367.06	424.01	4379
28-350-09	28	4.032	36100.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2371.76	445.29	4532
28-350-10	28	4.025	35120.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2367.65	432.35	4436
28-350-11	28	4.032	33890.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2371.76	416.39	4521
28-350-12	28	4.024	35120.00	10.16	20.5	2.02	81.07	0.0017	2367.06	433.21	4497
28-350-13	28	4.023	34100.00	10.17	20.6	2.03	81.23	0.0017	2366.47	419.80	4479
28-350-14	28	4.019	35090.00	10.18	20.5	2.01	81.39	0.0017	2364.12	431.13	4517
28-350-15	28	3.998	35340.00	10.18	20.6	2.02	81.39	0.0017	2351.76	434.21	4499
<b>Promedio</b>									<b>2366.23</b>	<b>436.83</b>	<b>4509</b>

**Medidas de dispersión (Compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza	194.79
Desviación estándar	13.96
Coefficiente de	3.20%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos  $f'c= 140, 175, 210, 280$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera de cunyac”**

385

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
	<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac”</b>						
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						<b>C21</b>
Cantera	Cunyac						
Fecha	11-03-19						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>140 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 2” y alt= 4”</b>	<b>Edad</b>	

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$  (muestras cilíndricas de 2"x4"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg. f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-140-01	28	0.486	3580.00	5.15	10.2	1.98	20.83	0.000212	2292.45	171.87	4057
28-140-02	28	0.496	3650.00	5.15	10.19	1.98	20.83	0.000212	2339.62	175.23	4027
28-140-03	28	0.486	3650.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2303.32	176.58	4047
28-140-04	28	0.48	2990.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2274.88	144.65	3923
28-140-05	28	0.493	3450.00	5.13	10.2	1.99	20.67	0.000211	2336.49	166.91	4027
28-140-06	28	0.494	3670.00	5.14	10.2	1.98	20.75	0.000212	2330.19	176.87	4050
28-140-07	28	0.482	3530.00	5.14	10.2	1.98	20.75	0.000212	2273.58	170.12	4027
28-140-08	28	0.485	3600.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2298.58	173.49	3979
28-140-09	28	0.493	4000.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2336.49	193.52	4100
28-140-10	28	0.493	3990.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2336.49	193.03	4103
28-140-11	28	0.487	3610.00	5.15	10.19	1.98	20.83	0.000212	2297.17	173.31	4020
28-140-12	28	0.49	3570.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2322.27	172.71	4018
28-140-13	28	0.491	3580.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2338.10	173.2	3997
28-140-14	28	0.486	3670.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2314.29	177.55	3999
28-140-15	28	0.487	3620.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2308.06	174.46	4027
<b>Total</b>									<b>2313.47</b>	<b>174.23</b>	<b>4027</b>

**Medidas de dispersión (Compresión simple)**

N° de muestra	15
Varianza (S <sup>2</sup> )	121.85
Desviación estándar S	11.04
Coefficiente de variación	6.34%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>							<b>C22</b>
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	11-03-19						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>175 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 2” y alt= 4”</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=175 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 2"x4"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-175-01	28	0.492	4830.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2331.75	233.67	4128
28-175-02	28	0.504	4860.00	5.13	10.2	1.99	20.67	0.000211	2388.63	235.12	4130
28-175-03	28	0.487	4700.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2319.05	227.38	4102
28-175-04	28	0.486	4630.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2303.32	223.13	4113
28-175-05	28	0.488	4180.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2312.80	202.23	4095
28-175-06	28	0.489	4260.00	5.14	10.2	1.98	20.75	0.000212	2306.60	205.3	4089
28-175-07	28	0.479	4400.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2270.14	212.05	4146
28-175-08	28	0.485	4760.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2309.52	230.29	4163
28-175-09	28	0.487	4720.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2308.06	227.47	4112
28-175-10	28	0.493	4700.00	5.13	10.2	1.99	20.67	0.000211	2336.49	227.38	4189
28-175-11	28	0.475	4630.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2251.18	224	4203
28-175-12	28	0.494	4630.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2341.23	224	4132
28-175-13	28	0.487	4700.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2319.05	227.38	4119
28-175-14	28	0.476	4780.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2255.92	231.25	4142
28-175-15	28	0.499	4710.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2364.93	227.87	4187
<b>Total</b>									<b>2314.58</b>	<b>223.9</b>	<b>4137</b>

**Medidas de dispersión (Compresión simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	95.54
Desviación estándar S=	9.77
Coefficiente de variación	4.36%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

387

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”</b>							
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico						
Cantera	Cunyac						
Fecha	11-03-19						
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest						
<b>Resistencia</b>	<b>210 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Tamaño de briqueta</b>	<b>Diám = 2” y alt= 4”</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>

**C23**

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=210 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 2"x4"-28 días)**

Cód. Briqueta	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-210-01	28	0.487	5400.00	5.13	10.2	1.99	20.67	0.000211	2308.06	261.25	4222
28-210-02	28	0.491	5380.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2327.01	260.28	4231
28-210-03	28	0.498	5200.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2360.19	251.57	4212
28-210-04	28	0.489	5300.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2317.54	255.42	4251
28-210-05	28	0.496	5480.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2350.71	264.1	4224
28-210-06	28	0.494	5640.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2341.23	272.86	4268
28-210-07	28	0.487	5710.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2319.05	276.25	4299
28-210-08	28	0.492	5690.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2331.75	275.28	4312
28-210-09	28	0.489	5600.00	5.14	10.2	1.98	20.75	0.000212	2306.60	269.88	4278
28-210-10	28	0.488	5610.00	5.14	10.2	1.98	20.75	0.000212	2301.89	270.36	4259
28-210-11	28	0.488	5540.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2323.81	268.02	4302
28-210-12	28	0.48	5500.00	5.15	10.18	1.98	20.83	0.000212	2264.15	264.04	4245
28-210-13	28	0.485	5480.00	5.13	10.2	1.99	20.67	0.000211	2298.58	265.12	4245
28-210-14	28	0.482	5320.00	5.15	10.19	1.98	20.83	0.000212	2273.58	255.4	4207
28-210-15	28	0.484	5310.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2304.76	256.89	4219
<b>Total</b>									<b>2315.26</b>	<b>264.45</b>	<b>4252</b>

**Medidas de dispersión (Compresión simple)**

Nº de muestra	15
Varianza (S2)	58.52
Desviación estándar S	7.65
Coficiente de variación	2.89%

Bach. Callaymara Ayquipa Rita  
Bach. Navarro Concha, Euler abad

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

388

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”								
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico							<b>C24</b>
Cantera	Cunyac							
Fecha	12-03-19							
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest							
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Tamaño de briquea</b>	<b>Diám = 2” y alt= 4”</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>	

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=280 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 2"x4"-28 días)**

Cód. Briquea	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg_f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-280-01	28	0.502	7300.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2379.15	353.17	4387
28-280-02	28	0.487	6970.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2308.06	337.20	4365
28-280-03	28	0.492	6940.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2342.86	335.75	4372
28-280-04	28	0.482	6790.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2295.24	328.50	4302
28-280-05	28	0.481	6650.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2279.62	320.48	4298
28-280-06	28	0.491	7290.00	5.14	10.2	1.98	20.75	0.000212	2316.04	351.33	4312
28-280-07	28	0.479	6500.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2270.14	314.47	4299
28-280-08	28	0.504	6430.00	5.13	10.2	1.99	20.67	0.000211	2388.63	311.08	4287
28-280-09	28	0.488	6300.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2312.80	304.79	4275
28-280-10	28	0.483	6380.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2289.10	308.66	4292
28-280-11	28	0.498	6650.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2360.19	320.48	4272
28-280-12	28	0.487	6970.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2308.06	335.90	4293
28-280-13	28	0.482	6940.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2284.36	335.75	4301
28-280-14	28	0.478	6400.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2276.19	309.63	4319
28-280-15	28	0.488	6440.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2312.80	310.36	4309
<b>Total</b>									<b>2314.88</b>	<b>325.17</b>	<b>4312</b>

**Medidas de dispersión (Compresión simple)**

N° de muestra=	15
Varianza (S2)=	247.78
Desviación estándar S=	15.74
Coficiente de variación	4.84%

**“Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de cunyac”**

389

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
Tesis: “Determinación de la densidad y resistencia con ultrasonido y triaxial para concretos f'c= 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm2 con agregados de la cantera de Cunyac”								
Ensayo	Compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico							<b>C25</b>
Cantera	Cunyac							
Fecha	12-03-18							
Laboratorio	EPIC-UNSAAC y Geotest							
<b>Resistencia</b>	<b>280 kg/cm2</b>	<b>Huso</b>	<b>8</b>	<b>Tamaño de briquea</b>	<b>Diám = 2” y alt= 4”</b>	<b>Edad</b>	<b>28 días</b>	

**Cuadro resumen de resultados de ensayo de compresión simple y velocidad de pulso ultrasónico f'c=350 kg/cm2 (muestras cilíndricas de 2"x4"-28 días)**

Cód. Briquea	Edad (días)	Peso (kg)	Fuerza (kg f)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	H/D	Área (cm2)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	f'c (kg/cm2)	Velocidad ultrasónica (m/s)
28-350-01	28	0.482	7690.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2284.36	370.60	4417
28-350-02	28	0.488	7260.00	5.15	10.18	1.98	20.83	0.000212	2301.89	348.54	4356
28-350-03	28	0.483	7290.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2300.00	352.69	4352
28-350-04	28	0.5	7600.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2369.67	367.68	4359
28-350-05	28	0.479	7690.00	5.14	10.19	1.98	20.75	0.000211	2270.14	370.60	4389
28-350-06	28	0.481	7710.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2279.62	373.00	4377
28-350-07	28	0.482	7750.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2284.36	373.49	4332
28-350-08	28	0.497	7820.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2366.67	378.33	4389
28-350-09	28	0.484	7860.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2293.84	380.26	4297
28-350-10	28	0.485	7800.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2298.58	375.90	4282
28-350-11	28	0.5	7600.00	5.14	10.18	1.98	20.75	0.000211	2369.67	366.27	4385
28-350-12	28	0.487	7920.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2308.06	383.16	4335
28-350-13	28	0.493	7950.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2347.62	384.62	4377
28-350-14	28	0.479	7920.00	5.13	10.19	1.99	20.67	0.000211	2270.14	383.16	4423
28-350-15	28	0.498	7890.00	5.13	10.18	1.98	20.67	0.000210	2371.43	381.71	4415
<b>Total</b>									<b>2314.40</b>	<b>372.67</b>	<b>4366</b>

**Medidas de dispersión (Compresión simple)**

Nº de muestra	15
Varianza (S2)	114.38
Desviación estándar S	10.69
Coefficiente de variación	2.87%

# MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	FUENTE
<p><b>Problema General</b> ¿Cómo determinar la densidad y resistencia de concretos hidráulicos con <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac utilizando ultrasonido y triaxial?</p> <p><b>Problema Específico.</b> ¿Cómo plantear ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento del concreto hidráulico con <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac, en la medición de su resistencia y densidad mediante ultrasonido?</p> <p>¿Cómo caracterizar el comportamiento de los agregados de la cantera de Cunyac en la densidad y resistencia del concreto hidráulico con <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math>.medidos con equipo de ultrasonido?</p> <p>¿En qué medida incrementa la resistencia a la compresión del concreto de <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac, bajo confinamiento triaxial?</p>	<p><b>Generales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Validar la utilización del equipo de ultrasonido en la determinación de la densidad y la resistencia de concretos hidráulicos de <math>f'c=140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac.</li> </ul> <p><b>Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plantear ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento del concreto hidráulico con <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> en la medición de la densidad y resistencia a la compresión mediante ultrasonido</li> <li>Caracterizar el comportamiento de los agregados de la cantera de Cunyac en la densidad y resistencia del concreto hidráulico con <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math>, medidos con ultrasonido.</li> <li>Establecer el incremento de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico de <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la cantera de Cunyac, bajo confinamiento triaxial.</li> </ul>	<p>Planteado las ecuaciones de tendencia que reflejen el comportamiento del concreto hidráulico con <math>f'c= 140, 175, 210, 280</math> y <math>350 \text{ kg/cm}^2</math>, se verificará la validez del ensayo ultrasónico en la determinación de la densidad y resistencia de concreto hidráulico a los 7, 14, 21 y 28 días de curado con un grado de confiabilidad aceptable</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamaño máximo nominal de los agregados de la cantera de Cunyac</li> <li>Relación a/c</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asentamiento inicial</li> <li>Contenido de aire</li> <li>Tiempo de curado de la probeta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>equipo de compresión simple.</li> <li>equipo de ultrasonido</li> <li>Equipo de ensayo triaxial de rocas</li> </ul>	<p>-Estudio correlacion al</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Libros especializados en ultrasonido.</li> <li>-Norma técnica peruana 339.034.</li> <li>-Normas ASTM C 39 Método de ensayo de compresión</li> <li>-Norma ASTM C 597Método de ensayo de velocidad de pulso ultrasónico.</li> <li>- Internet</li> </ul>
			<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad y resistencia del concreto</li> <li>Velocidad de pulso ultrasónico</li> <li>Compresión del ensayo triaxial del concreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuerza de compresión que soporta los testigos de concreto</li> <li>Número de ondas que atraviesa los testigos con el ensayo ultrasónico</li> <li>Fuerza de tracción, compresión y tensión.</li> </ul>			

Panel fotográfico

*Imagen 5 Ensayo de peso unitario de agregado grueso*



*Imagen 6 Análisis granulométrico de agregado grueso*



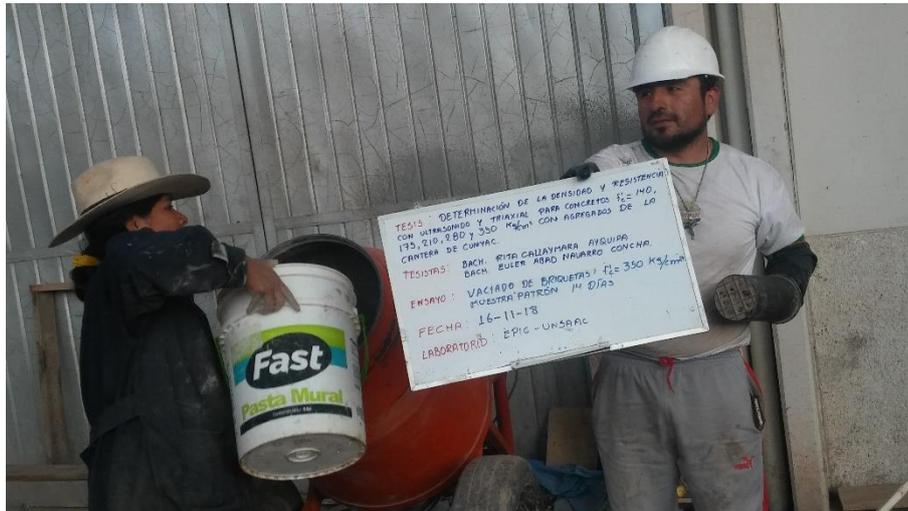
*Imagen 7 Peso específico del agregado grueso*



*Imagen 8 Tamizado para corrección de agregado*



**Imagen 9 Vaciado de muestras cilíndricas de 4"x8"**



**Imagen 10 Medición del slump 3-4 pulg**



***Imagen 11 Curado de los muestras cilíndricas de 4"x8"***



***Imagen 12 Ensayo de pulso de velocidad de pulso ultrasónico a muestras cilíndricas de 4"x8"***



***Imagen 13 Transporte de muestras cilíndricasa al laboratorio para su rotura***



***Imagen 14 Ensayo a compresión simple de muestras cilíndricas de 4"x8"***



*Imagen 15* Ensayo de pulso ultrasónico de muestras cilíndricas de 2"x4"



*Imagen 16* Ensayo a compresión simple de muestras cilíndricas de 2"x4"



*Imagen 17 Ensayo triaxial a muestras cilíndricas de 2"x4"*



*Imagen 18 Ensayo triaxial*



***Imagen 19 Desarrollo del ensayo triaxial a muestras cilíndricas de diámetro= 2” y altura=4”, con acompañamiento del docente asesor Ing. Guido Eulogio Holgado Escalante***



# Manual de operación

## Pundit Lab / Pundit Lab+ Instrumento ultrasónico



## Índice de contenido

1.	Seguridad y responsabilidad legal	3
2.	Para empezar	4
3.	Configuración del sistema	6
4.	Visualización de la forma de onda	8
5.	Medición con Pundit Lab	9
5.1	Preparación	9
5.2	Mediciones básicas	10
5.3	Medición básica: velocidad de pulso	11
5.4	Medición básica: visualización de la forma de onda	12
5.5	Medición básica: longitud de recorrido	13
5.6	Medición básica: resistencia a la compresión (sólo Pundit Lab+)	14
5.7	Medición compuesta: velocidad superficial	15
5.8	Medición compuesta: profundidad de grieta vertical	16
5.9	Dimensiones mínimas	17
5.10	Guía para la selección de transductor	17
5.11	Transductores de ondas transversales de 250 kHz	17
5.12	Accesorio porta transductor	18
6.	Especificaciones técnicas	19
7.	Números de pieza y accesorios	20
7.1	Unidades	20
7.2	Transductores	20
7.3	Piezas y accesorios	20
8.	Mantenimiento y soporte	21
9.	Pundit Link	22
9.1	Inicio de Pundit Link	22
9.2	Visualización de los datos	23
9.3	Ajuste de la configuración	24
9.4	Exportación de datos	25
9.5	Eliminación y restauración de datos	26
9.6	Otras funciones	26
9.7	Modo dinámico	27
9.8	Curvas de conversión	30
10.	Interfaz de control remoto de Pundit Lab	31

### Normas y directivas aplicadas

Pundit Lab está conforme con las normas siguientes: EN 12504-4 (Europa), ASTM C597-02 (Norteamérica), BS 1881 Part 203 (UK), ISO1920-7:2004 (Internacional), IS13311 (India)



# 1. Seguridad y responsabilidad

## 1.1 Seguridad y precauciones en el uso

Este manual contiene información importante referente a la seguridad, el uso y el mantenimiento del Pundit Lab. Lea el manual atentamente antes del primer uso del instrumento. Guarde el manual en un lugar seguro para consultarlo en el futuro.

## 1.2 Seguridad y responsabilidad

Las “Condiciones generales de venta y de entrega” de Proceq tienen vigor en cualquier caso. No habrá lugar a las reclamos de garantía y de responsabilidad que resulten de daños personales y materiales si son la consecuencia de una o varias de las siguientes causas:

- La falta de usar el instrumento conforme a las condiciones previstas descritas en este manual.
- Una prueba de funcionamiento incorrecta para el manejo y el mantenimiento del instrumento y sus componentes.
- La falta de observar las secciones del manual referentes a la prueba de funcionamiento, al manejo y al mantenimiento del instrumento y sus componentes.
- Modificaciones estructurales no autorizadas del instrumento y sus componentes.
- Daños graves que sean el resultado de los efectos de cuerpos extraños, accidentes, vandalismo y fuerza mayor.

Toda la información contenida en esta documentación se presenta de buena fe y se supone correcta. Proceq SA no asume garantía y excluye cualquier responsabilidad con respecto a la integridad y/o la exactitud de la información.

## 1.3 Instrucciones de seguridad

No está permitido que el instrumento sea manejado por niños o cualquier persona bajo influencia de alcohol, drogas o preparaciones farmacéuticas. Cualquier persona que no esté familiarizada con este manual deberá ser supervisada al estar usando el instrumento.

## 1.4 Marcado

Los siguientes iconos se han usado en combinación con todas las notas de seguridad importantes usadas en este manual.



**Nota:**

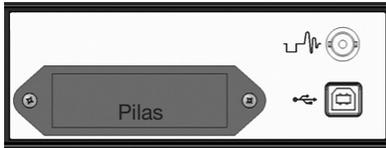
Este símbolo indica una información importante.

## 1.5 Utilización correcta

- El instrumento únicamente deberá utilizarse para el uso previsto descrito aquí.
- Sustituir componentes defectuosos únicamente con repuestos originales de Proceq.
- Únicamente deberán instalarse o conectarse al instrumento accesorios expresamente autorizados por Proceq. En caso de que se instalen o conecten otros accesorios al instrumento, Proceq no asumirá responsabilidad alguna y se perderá la garantía del producto.

## 2. Para empezar

### Panel trasero



Conectores para:  
Osciloscopio

USB – PC / fuente de alimentación

El Pundit Lab podrá ser alimentado a través de pilas, a través de la red eléctrica o a través de la conexión USB con un PC.

### Panel frontal



Las teclas de función son sensibles al contexto.  
El icono de pantalla mostrará la función activa.

La tecla inferior derecha se usa para ENCENDER/  
APAGAR y también para “Cancelar” algún ajuste  
y regresar al menú anterior.

La tecla de navegación se usa para desplazarse a través de menús y para ajustar parámetros variables.

### Conexión de transductor

Conectar los transductores en el frente de la unidad de pantalla usando los cables BNC. Si se usan cables de diferentes longitudes, el cable más largo deberá conectarse en el transmisor.



**Nota:** Para evitar la posibilidad de un choque eléctrico, los transductores deberán estar conectados antes de encender el instrumento, y desconectados sólo después de haber apagado el mismo.

Medición básica

Medición compuesta



Configuración del sistema

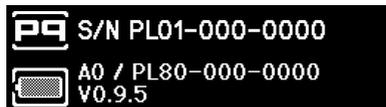
Información

### Conexión

Pulsar y mantener pulsada durante 3 segundos la tecla inferior derecha. Se visualizará el menú principal y el tipo “Pundit Lab” o “Pundit Lab+”.

Al hacer clic en la tecla de función “Información”, aparecerá la información importante acerca del dispositivo.

Estado de pilas  
Conexión USB



Número de serie

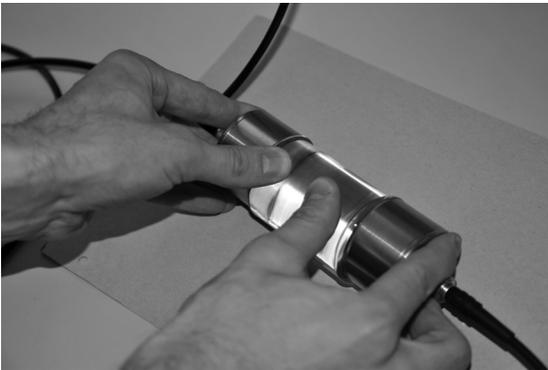
Versión del hardware

Versión del firmware

### Gestión de energía: DESCONEXIÓN

Al estar funcionando con la alimentación por pilas, el instrumento cambiará al modo standby después de 5 minutos de inactividad. Se apagará completamente después de 30 minutos. Al estar funcionando con la alimentación a través de la conexión USB, la pantalla se apagará después de 1 hora de inactividad. Pulsar la tecla inferior derecha (ENCENDER/APAGAR, Cancelar) para restablecer del modo standby. Para apagar, pulsar y mantener pulsada durante 3 segundos la tecla inferior derecha.

## Puesta a cero del Pundit Lab

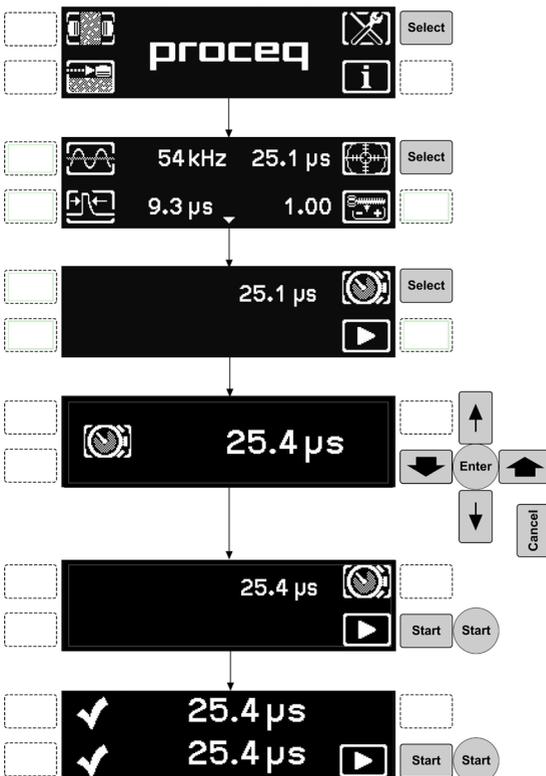


El Pundit Lab deberá ponerse a cero periódicamente usando la varilla de calibración, y sobre todo si ha cambiado la frecuencia del transductor o si han cambiado los cables. El valor de calibración ( $\mu\text{s}$ ) está marcado en la varilla de calibración.

Acoplar los transductores a la varilla de calibración aplicando acoplador en ambos extremos de la varilla de calibración y presionando firmemente de la manera mostrada.



**Nota:** En la puesta a cero de los transductores exponenciales debería usarse la varilla de calibración específica (325 40 174).



Seleccionar Configuración del sistema (Véase el capítulo 3 para más información)

Comprobar que Tx/Rx coincida con la frecuencia de transductor. La duración de pulso no tendrá que ajustarse. Factor de corrección ajustado en 1.0. Seleccionar Calibración.

Seleccionar en caso necesario para introducir la duración de recorrido marcada en la varilla de calibración.

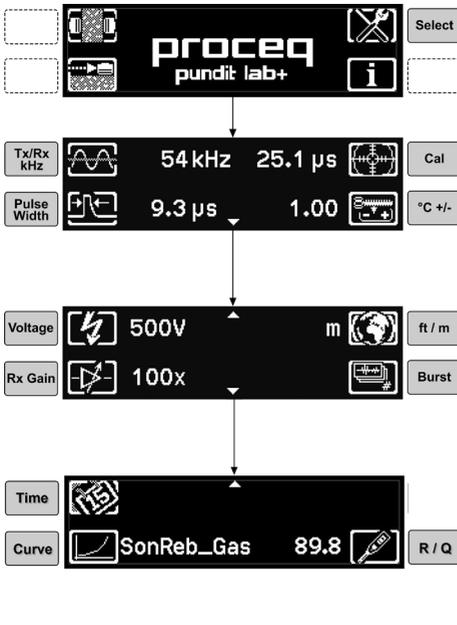
### Parámetro variable; ajustar del siguiente modo:

Teclas Hacia arriba/abajo: ajuste fino.  
 Teclas Hacia izq./der.: ajuste aproximado.  
 Tecla central: entrada del valor y retorno al menú anterior.  
 Tecla Cancelar: cancelación de la entrada y retorno al menú anterior.

Pulsar "Start" para comenzar con la secuencia de calibración.

La pantalla final muestra la duración de recorrido esperada y debajo la duración de recorrido medida. Ésta debería coincidir con el valor en la varilla de calibración.

### 3. Configuración del sistema



Seleccionar Configuración del sistema

Ajustar:

- Frecuencia del transductor
- Duración de pulso
- Ajuste de calibración
- Factor de corrección

O desplazarse a la siguiente pantalla

Ajustar:

- Tensión de excitación
- Ganancias del receptor
- Unidades (métricas/imperiales) (sólo Pundit Lab+: unidad de resistencia a la compresión)
- Transmisión continua o saltatoria

Sólo Pundit Lab+

Ajustar:

- Fecha y hora
- Curva de resistencia a la compresión (valor de rebote para método SONREB)

Parámetro	Ajustes predeterminados (hacer clic en tecla de función para desplazamiento)	Variable (ajustar con la tecla de navegación; véase 2.1)
Frecuencia Tx / Rx (kHz)	24, 37, 54, 82, 150, 200, 220, 250, 500	-
Duración de pulso	Automática	1-100 µs
Calibración (véase 2.1)	-	1-110 µs
Factor de corrección	-	0.07 – 1.3
Tensión de excitación (V)	125, 250, 350, 500, AUTO	-
Ganancias Rx	Pundit Lab Pundit Lab+ 1x, 10x, 100x, AUTO 1x, 2x, 5x, 10x, 20x, 50x, 100x, 200x, 500x, 1000x, AUTO	-
Unidades	Pundit Lab Pundit Lab+ ft / m ft / m, MPa, N/mm <sup>2</sup> , psi, kg/cm <sup>2</sup>	-
Pulso de transmisión	Continuo / saltatorio	-
Fecha y hora (Pundit Lab+)		Ajustar el sello de tiempo.
Curva de resistencia a la compresión (Pundit Lab+)	Curvas definidas en PunditLink.	Introducir un valor de rebote para las curvas SONREB.

#### Ganancias automáticas y ajuste de tensión

Tanto la tensión de excitación como las ganancias del receptor pueden ajustarse en modo automático. En este modo, el Pundit Lab localizará la combinación óptima de los dos parámetros para una medición estable.

## Ganancias Rx 200x, 500x, 1000x

Esta característica sólo está a disposición a partir de Pundit Lab\*, y sustituye la necesidad de un amplificador externo (325 40 059) usando cables largos o transductores exponenciales. Si se han seleccionado niveles de ganancias tan altos se recomienda encarecidamente el uso del disparo manual con la visualización de forma de onda.

## Duración de pulso

La duración de pulso se ajustará automáticamente en el valor óptimo para la frecuencia de transductor seleccionada y no necesitará ningún ajuste. Sin embargo, para ciertas aplicaciones será posible ajustarla si esto se desea. (Consulte ASTM D 2845 - Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.)

También permite el uso de transductores no estandarizados de hasta 500 kHz con Pundit Lab: La duración de pulso "p" en microsegundos ( $\mu\text{s}$ ), la cual deberá introducirse aquí es calculada de la fórmula  $p = 1'000/(2*f)$ , en lo que  $f$  = frecuencia del transductor en kHz



Al entrar manualmente un valor que no sea estándar, esto se indicará mediante un asterisco.

## Transmisión continua / saltatoria



La transmisión continua continuará transmitiendo hasta que se pulse el botón "Stop".



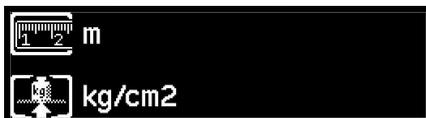
La transmisión saltatoria enviará paquetes de pulsos hasta obtener una lectura estable, y a continuación parará automáticamente.

## Factor de corrección

Varios factores afectan las mediciones de velocidad de pulso. Éstos se encuentran descritos muy bien en BS 1881, parte 203, y se recomienda que el usuario consulte este documento. Dos factores clave son el contenido de humedad del hormigón y la temperatura. La tabla más abajo muestra el factor de corrección que deberá entrarse basado en la norma mencionada más arriba.

Temperatura	Hormigón seco	Hormigón húmedo
De 10°C a 30°C	1.0 (sin corrección)	1.0 (sin corrección)
60°C	1.05	1.04
40°C	1.02	1.02
0°C	0.99	0.99
-4°C	0.98	0.92

## Unidades (sólo Pundit Lab\*)



La selección de unidades abre una segunda pantalla en la cual el usuario podrá elegir una unidad de resistencia a la compresión adicionalmente a las unidades imperiales o métricas.

## Fecha y hora (sólo Pundit Lab\*)



Usado para proporcionar un sello de tiempo a las mediciones.

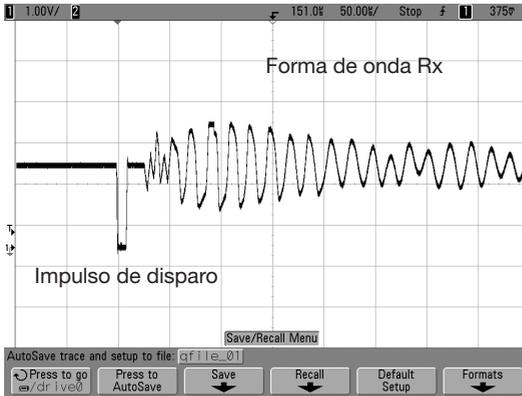
Usar las teclas Hacia izquierda/derecha para desplazarse de un ajuste al otro. Usar las teclas Hacia arriba/abajo para ajustar los valores. Pulsar la tecla Enter para guardar, o la tecla Cancelar para regresar sin guardar.

## 4. Visualización de la forma de onda

Durante la ejecución de las mediciones descritas en el capítulo siguiente será posible visualizar la forma de onda recibida. Pundit Lab ofrece tres posibilidades de ver la forma de onda.

### Osciloscopio

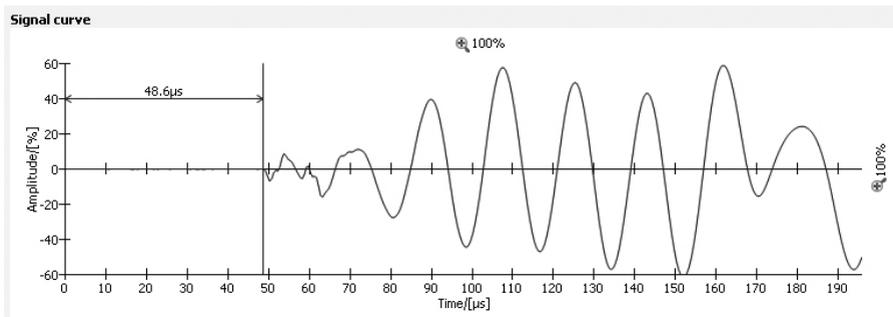
Conectar un osciloscopio en el conector del panel trasero. Una forma de onda típica se verá así:



Se visualizarán tanto el impulso de disparo como la forma de onda recibida.

### Pundit Link - PC

La forma de onda también podrá visualizarse en un PC o en un ordenador laptop conectado a través del puerto USB. Por favor, consulte el manual de operación Pundit Link para más detalles.



### En el instrumento

La forma de onda podrá verse directamente en el instrumento. Véase el siguiente capítulo para los detalles de operación.

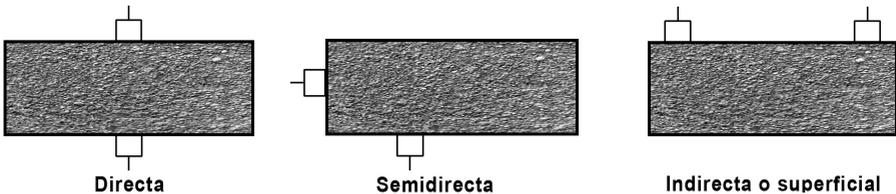
## 5. Medición con Pundit Lab

El Pundit Lab puede usarse para varias aplicaciones, incluyendo las siguientes:

- Medición de la velocidad de pulso
- Medición de la longitud de recorrido
- Evaluación de uniformidad
- Medición de la velocidad superficial
- Medición de la profundidad de grietas
- Estimación del módulo de elasticidad dinámico de muestras (con los transductores de ondas transversales)
- Sólo Pundit Lab\*. Estimación de la resistencia a la compresión usando únicamente la velocidad de pulso o en combinación con un martillo de rebote

### Disposición de los transductores

Generalmente, se usarán tres disposiciones de transductores.



Siempre que sea posible, usar la disposición directa ya que esto garantiza la máxima transmisión de señales entre los transductores. La disposición semidirecta es menos sensible que la directa pero más sensible que la disposición indirecta. La longitud de recorrido es la distancia entre los centros de los transductores.

El método indirecto es útil sobre todo para determinar la profundidad de grietas, la calidad de superficies o en los casos en los que únicamente se tiene acceso a una sola superficie.

### 5.1. Preparación

Hay preparaciones básicas generales para cualquier aplicación. La distancia (longitud de recorrido) entre los transductores deberá medirse del modo más preciso posible. Será sumamente importante asegurar el acoplamiento acústico adecuado de los transductores con la superficie ensayada. Deberá aplicarse una capa delgada de acoplador a los transductores y a la superficie ensayada. En algunos casos podrá ser necesario preparar la superficie alisándola.

Para mediciones compuestas y ensayos de uniformidad, deberá trazarse una cuadrícula de ensayo en la superficie.

Barras afectarán la medición ultrasónica ya que la señal se desplazará más rápidamente a través de la barra que a través del hormigón. Se deberá determinar la ubicación de las barras usando un detector de barras tal como el Profoscope de Proceq y posicionar los ensayos ultrasónicos de tal manera que las mismas se omitan. La BS 1881, parte 203, ofrece información acerca del efecto de barras en los resultados previstos.

El procedimiento de medición estándar será:

- Aplicar el acoplador.
- Posicionar los transductores.
- Ejecutar la medición.
- Reposicionar los transductores (sólo para mediciones compuestas).
- Guardar el resultado.

## 5.2 Mediciones básicas

Las mediciones básicas comprenden una sola medición sin necesidad de reposicionar los transductores. Existen dos mediciones básicas en función del parámetro conocido, sea la longitud de recorrido o bien la velocidad de pulso.

The screenshot shows the Proceq main menu with the following elements:

- Select** button (top left)
- proceq** logo (center)
- Wrench and screwdriver icon (top right)
- Information icon (bottom right)
- Two empty dashed boxes on the right side.

Arrows point from the wrench icon to a measurement screen and from the information icon to another measurement screen.

**Measurement 1 (Distance):**

- Left side: "Ajustar la longitud de recorrido" (Adjust travel length) and "Ajustar la velocidad de pulso" (Adjust pulse velocity).
- Center: "0.058 m" (with distance icon) and "3466 m/s" (with pulse icon).
- Right side: "Transmisión continua / saltatoria" (Continuous / jumping transmission) and "Paro/inicio Medición" (Stop/start measurement).

### Guardar mediciones

The screenshot shows the save measurement screen with the following elements:

- Top row: "500V" (with lightning bolt icon), "25.6 μs", "0.075 m", and a "Select" button.
- Bottom row: "100x" (with magnifying glass icon), a horizontal bar, and a play button.
- Right side: "Al final de una medición podrá guardarse el resultado del ensayo." (At the end of a measurement, the test result can be saved).

An arrow points down to the next screen:

- Center: "ID: 1,234" (with ID icon).
- Right side: "Guardar en un archivo definido mediante un número de ID." (Save in a file defined by an ID number) and "No guardar y regresar a la pantalla anterior." (Do not save and return to the previous screen).

### Lista de revisión (sólo Pundit Lab\*)

En el menú principal, haciendo clic en la tecla de información del sistema (véase Para empezar) se hará aparecer el submenú:

The screenshot shows the system information sub-menu with the following elements:

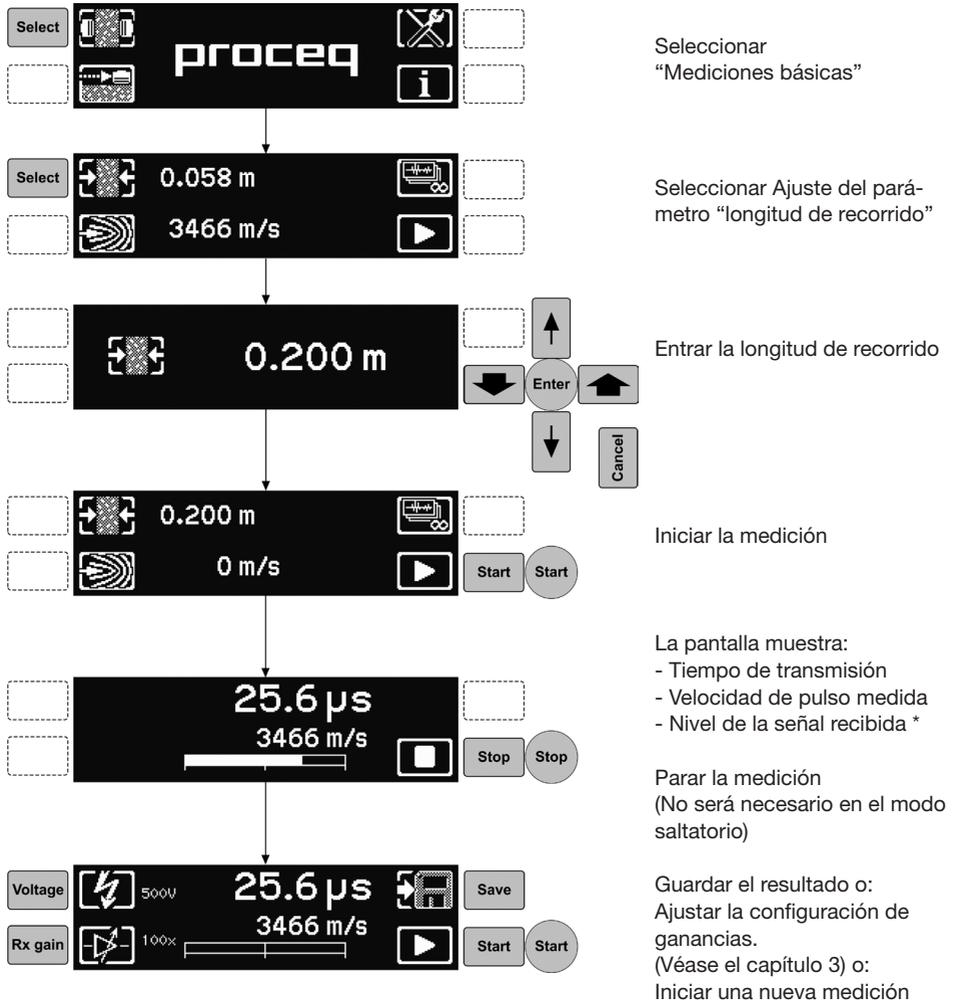
- Top row: Information icon (i) and a left arrow icon.
- Text: "4/16, 19.04.2011, 15:18:31" (line 1), "ID 21, 24.7°C" (line 2), "500kHz, 250V, 1000x, 1.0, R=83.1" (line 3), "t=25.4μs, s=0.200m" (line 4), and "\*v=4635m/s, 55N/mm², exp\_BAM" (line 5).
- Right side: "Seleccionar esta tecla para visualizar la información del sistema." (Select this key to view system information) and "Seleccionar esta tecla para ir a la lista de revisión, la cual permite ver mediciones previas." (Select this key to go to the review list, which allows viewing previous measurements).

An asterisk is present next to the pulse velocity value in the screenshot.

- 1a línea: medición ( p. ej. 4 de 16) / sello de tiempo
- 2a línea: ID de la medición / temperatura
- 3a línea: frecuencia / voltaje / ganancias / factor de corrección / valor de rebote (sólo SONREB)
- 4a línea: tiempo de transmisión / distancia
- 5a línea: velocidad de pulso / resistencia a la compresión / curva de conversión

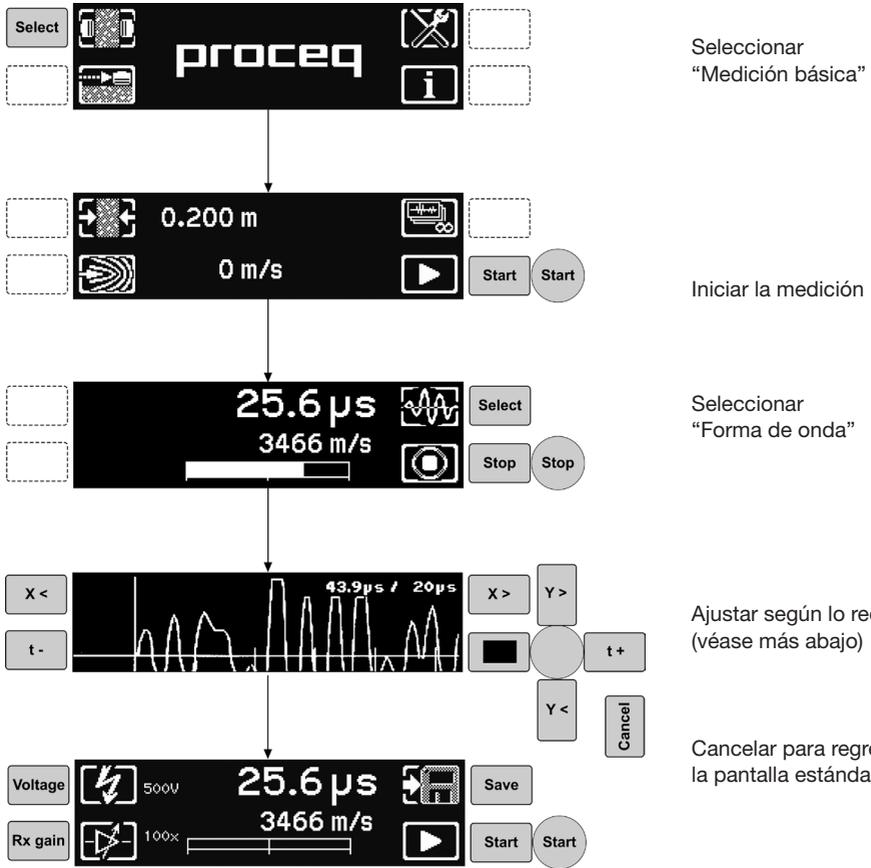
### 5.3 Medición básica: velocidad de pulso

Para poder medir la velocidad de pulso, será necesario medir la longitud de recorrido entre los dos transductores.



\* Los mejores resultados se obtendrán si el nivel de la señal recibida se encuentra alrededor del 75%. Usar la configuración automática de ganancias y de tensión (véase el capítulo 3) para un funcionamiento optimizado.

## 5.4 Medición básica: pantalla de forma de onda



### Controles de la forma de onda

- Y < > Zoom vertical
- X < > Zoom horizontal
- t - + Ajuste de disparo manual
- Paro/inicio

Nota 1: Es posible que las ganancias Rx tengan que reducirse para que el zoom vertical tenga un efecto perceptible.

Nota 2: Una vez ajustado, el punto de disparo no se restablecerá automáticamente a menos de que se inicie una nueva medición en el menú “Iniciar la medición”

Nota 3: La forma de onda no es guardada, sólo el tiempo de transmisión.

## 5.5 Medición básica: longitud de recorrido

Si se conoce la velocidad de pulso del material a ensayar, será posible medir la longitud de recorrido entre los transductores. El procedimiento es exactamente el mismo que para la medición de la velocidad de pulso pero en este caso se entrará la velocidad de pulso conocida.



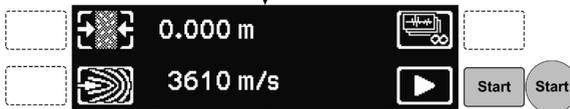
Seleccionar  
"Medición básica"



Seleccionar Ajuste del parámetro "velocidad de pulso"



Entrar la velocidad de pulso



Iniciar la medición



La pantalla muestra:  
- Tiempo de transmisión  
- Longitud de recorrido medida  
- Nivel de la señal recibida

Parar la medición (no es necesario en el modo saltatorio)



Guardar el resultado o:  
Ajustar la configuración de ganancias.  
(Véase el capítulo 3) o: Iniciar una nueva medición

## 5.6 Medición básica: resistencia a la compresión (sólo Pundit Lab\*)

Antes de ejecutar esta medición, deberá crearse una curva de conversión en PunditLink y cargar la misma al instrumento. Es posible guardar un máximo de cinco curvas en el instrumento. Seleccionar la curva apropiada y ajustar la unidad de resistencia a la compresión deseada. (Véase el capítulo 3 “Configuración del sistema”.) Ejecutar una medición de velocidad de pulso del modo descrito más arriba (5.3).



Durante la ejecución de la medición, o al haberse completado la medición, haciendo clic en las teclas Hacia arriba/abajo se cambiará de la indicación de la velocidad de pulso a la resistencia a la compresión y viceversa.

### Método SONREB

Este método para la medición de la resistencia a la compresión combina la medición ultrasónica con una medición de martillo de rebote.

El formato de la curva es: resistencia a la compresión  $f_{ck} = aV^bS^c$

En lo que:

a, b y c son constantes

V es la velocidad de pulso ultrasónica en m/s

S es el valor de rebote.

En la literatura se encuentran muchos ejemplos de curvas SONREB

En el menú de configuración (capítulo 3), deberá introducirse el valor de rebote antes de ejecutar la medición. En este caso, el valor de rebote introducido es guardado junto con los demás datos de medición.



Aquí ha sido introducido y guardado un valor de rebote de 83.1 junto con los datos de medición



**Nota:** El valor de rebote podrá ser un valor Q (SilverSchmidt) o un valor R (Original Schmidt). Es algo que el usuario definirá. Sin embargo, siempre será visualizado en la lista de revisión como “R para valor de rebote”.

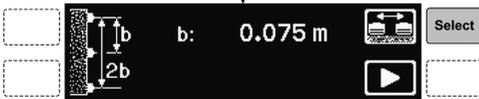
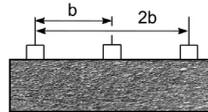
## 5.7 Medición compuesta: visualización de la



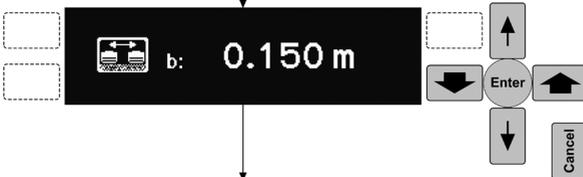
Seleccionar "Medición compuesta"



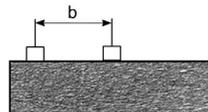
Seleccionar "Velocidad superficial"



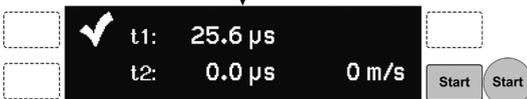
Seleccionar Ajuste de parámetro "b".



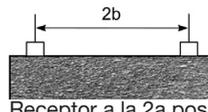
Medir y entrar la distancia "b"



Transductores en la primera posición:  
Pulsar: Start



Se mide "t1". Una lectura estable se indica mediante un tic



Receptor a la 2a posición: Start



Se mide "t2". Una lectura estable se indica mediante un tic, y se visualizará la pantalla de resultado.

La pantalla muestra:

- "t1"
- "t2"

- Velocidad superficial  
Guardar el resultado o pulsar Start para repetir la medición.

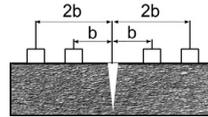
## 5.8 Medición compuesta: profundidad de grieta vertical



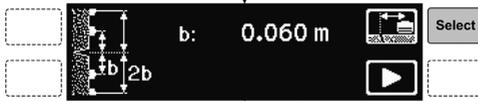
Seleccionar "Medición compuesta"



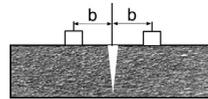
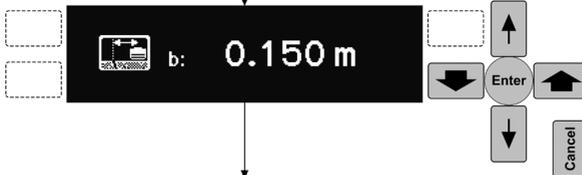
Seleccionar "Profundidad de grieta"



Seleccionar Ajuste de parámetro "b".



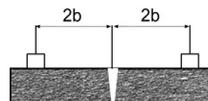
Medir y entrar la distancia "b"



Transductores en la primera posición:  
Pulsar: Start



Se mide "t1". Una lectura estable se indica mediante un tic



Transductores en la 2a posición:  
Start



Se mide "t2". Una lectura estable se indica mediante un tic, y se visualizará la pantalla de resultado.  
La pantalla muestra:

- "t1"
  - "t2"
  - Profundidad de grieta
- Guardar el resultado o pulsar Start para repetir la medición.

## 5.9 Dimensiones mínimas

Se recomiendan dimensiones mínimas para resultados de ensayo precisos.

### Longitud de recorrido mínima

100 mm para hormigón de un tamaño de áridos máximo de 20 mm o menos.

150 mm para hormigón de un tamaño de áridos máximo de 20 a 40 mm.

### Dimensiones laterales mínimas de la muestra

Esto dependerá de la longitud de onda de transmisión y de la velocidad de pulso. La longitud de recorrido mínima deberá ser igual o más grande que la longitud de onda de transmisión, o será posible que se detecte una fuerte reducción de la velocidad de pulso. La tabla siguiente tomada de BS 1881, parte 203, muestra las dimensiones laterales mínimas recomendadas para el objeto de ensayo.

Frecuencia Tx kHz	Velocidad de pulso 3500 m/s	Velocidad de pulso 4000 m/s	Velocidad de pulso 4500 m/s
Dimensiones laterales mínimas del objeto de ensayo			
24	146 mm	167 mm	188 mm
54	65 mm	74 mm	83 mm
150	23 mm	27 mm	30 mm

## 5.10 Guía para la selección de transductor

Por lo general, las frecuencias más bajas permitirán una mayor profundidad de penetración. Las frecuencias más altas permitirán una mejor resolución en las mediciones.

La inhomogeneidades en el hormigón influyen en la propagación de un pulso ultrasónico. Esta influencia podrá ser reducida significativamente eligiendo la frecuencia  $f$  de tal modo que la longitud de onda  $\lambda$  sea por lo menos el doble del tamaño de áridos.  $\lambda$  es dada por:

$$\lambda = c/f,$$

en lo que  $c$  es la velocidad de pulso (velocidad del sonido) en hormigón. La tabla más abajo muestra tamaños de áridos típicos y la respectiva frecuencia máxima recomendada:

c (m/s)	3500			4000			4500		
Tamaño de áridos (mm)	8	16	32	8	16	32	8	16	32
fmax (kHz)	219	109	55	250	125	63	281	141	70

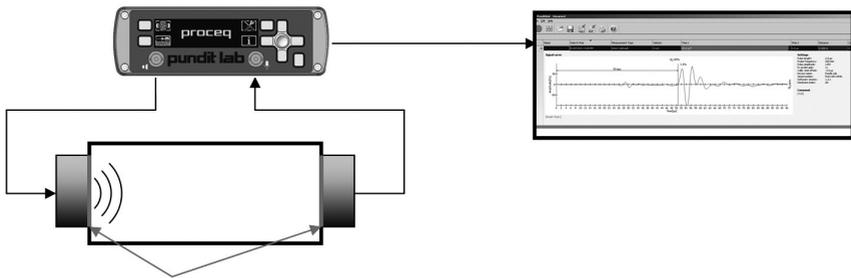
## 5.11 Transductores de ondas transversales de 250 kHz

Al ejecutar mediciones con los transductores de ondas transversales de 250 kHz es esencial que se use la pasta de acoplamiento especial para ondas transversales; de lo contrario las ondas transversales no podrán ser transmitidas apropiadamente al objeto de prueba. La pasta de acoplamiento para ondas transversales es una sustancia orgánica no tóxica, soluble en agua, de muy alta viscosidad.

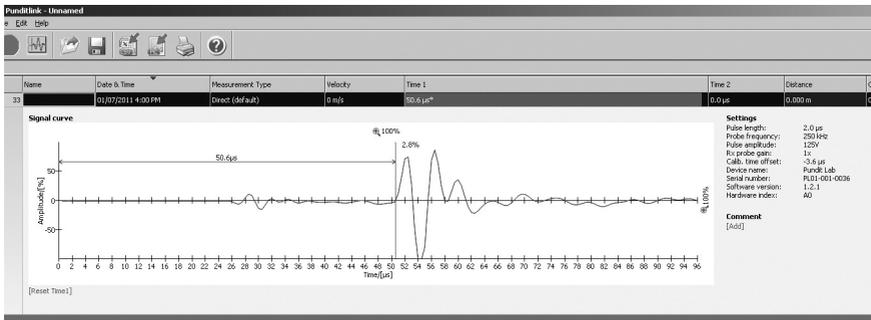
Además, recomendamos encarecidamente que se use la visualización de forma de onda de Pundit Link para localizar manualmente el inicio del eco de onda transversal. Puesto que el mismo siempre es precedido por un eco longitudinal relativamente débil (véase la figura más abajo), la duración de recorrido determinado por Pundit Lab correspondería a la onda longitudinal en lugar de la transversal.

## Podrán realizarse los pasos requeridos antes de las mediciones

1. Aplicar una pequeña cantidad de gel de acoplamiento para ondas transversales en los transductores.
2. Presionar los transductores firmemente en ambos lados de la varilla de calibración de 25  $\mu\text{s}$  (n° de pieza 710 10 028). Asegurar que el gel de acoplamiento esté distribuido apropiadamente y que no existan burbujas de aire entre el transductor y la varilla de calibración.
3. Conectar los transductores en Pundit Lab.
4. Seleccionar el transductor de 250 kHz de la lista de los transductores soportados (véase el capítulo 3 del manual del Pundit Lab para más detalles).
5. Poner el instrumento a cero del modo descrito en el capítulo 2.1 del manual del Pundit Lab.



Ejecución de mediciones con los transductores de ondas transversales de 250 kHz.



Señal de eco típica obtenida con una instalación experimental.

El primer eco llega a aproximadamente 25.4  $\mu\text{s}$  y corresponde a la onda longitudinal débil. Después de 50.6  $\mu\text{s}$ , aparecerá el eco de onda transversal mucho más intenso en la señal.

## 5.12 Accesorio porta transductor



Este accesorio es particularmente útil para las mediciones compuestas. (Véase el capítulo 5).

Los porta transductores individuales pueden ser separados y usados por separado ayudando a reducir el esfuerzo físico al llevar a cabo mediciones extensivas.

## 6. Especificaciones técnicas

<b>Medición de duración de recorrido</b>	
Alcance	0.1 – 9999 $\mu$ s, ajuste automático del alcance.
Resolución	0.1 $\mu$ s
<b>Pantalla</b>	79 x 21 mm, OLED de matriz pasiva
<b>Transmisor</b>	Pulso de excitación optimizado: 125 V, 250 V, 350 V, 500 V, AUTO
<b>Receptor</b>	
Pasos de ganancias a seleccionar Pundit Lab	1x, 10x, 100x, AUTO
Pasos de ganancias a seleccionar Pundit Lab*	1x, 2x, 5x, 10x, 20x, 50x, 100x, 200x, 500x, 1000x, AUTO
Ancho de banda	20 kHz – 500 kHz
<b>Memoria</b>	No volátil, > 500 valores medidos
Configuración regional	Se soportan unidades métricas e imperiales
<b>Fuente de alimentación</b>	
Pila	4 pilas AA (> 20 horas de uso continuo)
Red eléctrica:	5v, <500mA a través del cargador de USB
PC	5v, <500mA directamente a través del cable USB
<b>Datos mecánicos</b>	
Dimensiones	172 x 55 x 220 mm
Peso	1.3 kg (incl. pilas)
<b>Condiciones ambientales</b>	
Temperatura de servicio	De -10° a 60°C (De 0° a 140°F)
Humedad	<95% RH, sin condensar

## 7. Números de pieza y accesorios

### 7.1 Unidades

N° de pieza	Descripción
326 10 001	Pundit Lab que comprende: unidad de pantalla, 2 transductores (54kHz), 2 cables BNC 1.5 m, acoplador, varilla de calibración, cargador de batería con cable USB, 4 pilas AA(LR6), portador de datos con el software, documentación y estuche de transporte
326 20 001	Pundit Lab* que comprende: unidad de pantalla, 2 transductores (54kHz), 2 cables BNC 1.5 m, acoplador, varilla de calibración, cargador de batería con cable USB, 4 baterías AA(LR6), portador de datos con el software, documentación y estuche de transporte

### 7.2 Transductores

325 40 026	Transductor de 24 kHz (se requieren dos para el funcionamiento)
325 40 131	Transductor de 54 kHz (se requieren dos para el funcionamiento)
325 40 141	Transductor de 150 kHz (se requieren dos para el funcionamiento)
325 40 176	2 transductores exponenciales de 54 kHz, incluyendo la varilla de calibración
325 40 177	Transductor de 250 kHz (se requieren dos para el funcionamiento)
325 40 175	Transductor de 500 kHz (se requieren dos para el funcionamiento)
325 40 049	2 Transductores de ondas transversales de 250 kHz, incluyendo el acoplador

### 7.3 Piezas y accesorios

326 80 211	Bolsa de transporte de Pundit Lab
325 40 059	Amplificador para cables largos (>10m) y transductor exponencial (no se requiere para Pundit Lab*)
325 40 021	Cable con enchufe BNC, L=1.5 m (5 ft)
711 10 005	Cable con enchufe BNC, L=3.0 m (10 ft)
325 40 022	Cable con enchufe BNC, L=10 m (33 ft)
325 40 024	Cable con enchufe BNC, L=30 m (100 ft)
710 10 031	Acoplador ultrasónico, botella de 250 ml
325 40 048	Acoplador para onda transversal
710 10 028	Varilla de calibración de 25 $\mu$ s para Pundit
710 10 029	Varilla de calibración de 100 $\mu$ s para Pundit
351 90 018	Cable USB, 1.8m
341 80 112	Cargador USB, global
326 01 033	Bloque de demostración Pundit Lab
325 40 150	Porta transductor completo

## 8. Mantenimiento y soporte

### Pantalla de error



Si aparece esta pantalla durante las mediciones, indicará que no se ha recibido ninguna señal estable.

Si ocurre esto:

Realizar la medición en modo continuo.

Cambiar el impulso de voltaje o las ganancias.

Usar la visualización de forma de onda para determinar el ajuste óptimo del voltaje y las ganancias.

<b>1.0</b>	Señal demasiado débil
<b>2.0</b>	Medición inválida (no se ha cumplido la condición $t_1 > t_2/2$ durante la medición de grieta)
<b>11.0</b>	Memoria llena
<b>37.0</b>	Sólo Pundit Lab*. Tiempo del sistema inválido (posiblemente está vacía la batería de reserva para el reloj de tiempo real)

### Concepto de soporte

Proceq provee el soporte completo para este instrumento mediante nuestro servicio postventa y establecimientos de soporte globales. Se recomienda que el usuario registre su producto en [www.proceq.com](http://www.proceq.com) para obtener las actualizaciones más recientes a disposición y otros datos de valor.

### Garantía estándar y garantía extendida

Garantía por 6 meses.

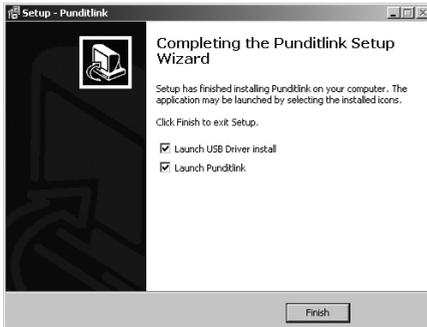
Es posible adquirir una garantía extendida por uno, dos o tres años adicionales para la parte electrónica del instrumento hasta 90 días después de la fecha de adquisición.

## 9. Pundit Link

### 9.1 Inicio de Pundit Link



Localizar el archivo “Punditlink Setup.exe” en el ordenador o en el CD y hacer clic en él. Seguir las instrucciones que se visualizan en la pantalla.



Asegurar que esté marcada la casilla de verificación “Launch USB Driver install” [iniciar instalación de controlador USB].

El controlador USB instalará un puerto COM virtual que se necesita para la comunicación con Pundit.



Hacer doble clic en el icono de Pundit Link en el escritorio o iniciar Pundit Link a través del menú Inicio. Pundit Link se inicia con una lista vacía.



### Configuración de la aplicación

El elemento de menú “Archivo – Application settings [configuración de la aplicación]” le permite al usuario escoger el idioma y la fecha y la hora que deberán usarse.

### Conexión a un Pundit

Conectar el Pundit en un puerto USB y, a continuación, escoger una de las siguientes opciones:



Para descargar todos los datos del Pundit.



Para comenzar el "Modo dinámico" para mediciones a control remoto y el análisis de la forma de onda.

En ambos casos se visualizará la siguiente ventana:

Dejar la configuración en los valores predeterminados o, en caso de que se conozca el puerto COM, introducirlo manualmente.

Hacer clic en "Sig. >"

Si se ha encontrado un Pundit, los detalles del mismo se visualizarán en la pantalla. Hacer clic en el botón "Terminar" para establecer la comunicación.

## 9.2 Visualización de los datos

Los datos guardados en el Pundit del usuario serán visualizados en la pantalla:

- Un número "Id" identifica el objeto de medición.
- La columna "Nombre" le permite al usuario asignarle un nombre al objeto de medición.
- La "Fecha y hora". Para Pundit Lab, ésta será la hora en la que los datos son descargados al PC o, en el "Modo dinámico", la fecha y hora en la que la medición se llevó a cabo. Para Pundit Lab+, ésta será la fecha y hora en la que se llevó a cabo la medición.
- El "Tipo de medición" indicará o bien "directo" o alguno de los tipos de medición compuesta.
- La columna "Velocidad" visualizará la velocidad de pulso medida o el ajuste para las mediciones de longitud de recorrido.
- "Tiempo 1" y "Tiempo 2" visualizarán el tiempo o los tiempos de transmisión medidos para las mediciones compuestas.
- La columna "Distancia" mostrará la distancia medida o el ajuste para las mediciones de velocidad de pulso.
- La "Profundidad de grieta" mostrará la profundidad de grieta medida.
- El "Factor de corrección" mostrará la configuración del factor de corrección.
- Sólo para Pundit Lab+: La "Resistencia a la compresión" mostrará el valor calculado basado en la "Curva de conversión" elegida.
- Sólo para Pundit Lab+: El "Valor de rebote" será el valor introducido (método SONREB)

Hacer clic en el icono de doble flecha en la columna "Id" para ver más detalles:

62	09/01/2010 9:00 AM	Directo (predeterminado)	2318 m/s
<b>Configuración</b>			
Longitud del impulso:	9.3 $\mu$ s		
Frecuencia de sonda:	54 kHz		
Amplitud del impulso:	auto (500V)		
Ganancia de sonda Rx:	auto (100x)		
Desviación de tiempo de calib.	-3.6 $\mu$ s		
Nombre del dispositivo:	Pundit Lab		
Número de serie:	PL01-001-0021		
Versión del software:	1.0.6		
Índice del hardware:	A0		
<b>Comentario</b>			
[Add]			



**Nota:**

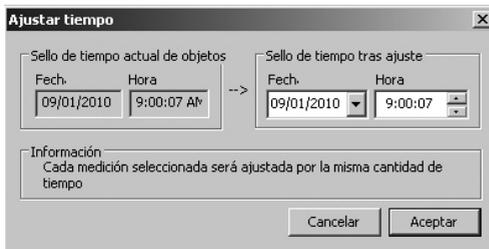
Hacer clic en "Agregar" para agregar un comentario al objeto.

### 9.3 Ajuste de la configuración

Cada uno de los ajustes que han sido usados en el Pundit en el momento de ejecutar la serie de mediciones podrá ajustarse posteriormente en Pundit Link. Para las mediciones de resistencia a la compresión llevadas a cabo con Pundit Lab+, la curva de conversión y el valor de rebote podrán ajustarse posteriormente. Esto puede realizarse o bien haciendo clic con el botón derecho del ratón directamente en el elemento en la columna apropiada, o bien haciendo clic en el elemento de ajuste azul en la ventana de detalle de algún objeto de medición. En todo caso, aparecerá un cuadro de selección desplegable con las posibilidades de configuración.

#### Ajuste de la fecha y la hora

Hacer clic con el botón derecho del ratón en la columna "Fecha y hora".



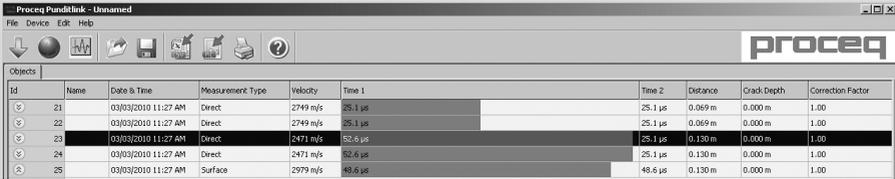
La hora únicamente será ajustada para la serie seleccionada.

Por favor, tener en cuenta que el Pundit Lab no dispone de ningún reloj interno, de modo que la fecha y la hora visualizadas para los datos descargados serán la fecha y hora del momento de la descarga.

En el modo "Registro de datos", serán la fecha y hora de la ejecución de la medición.

## 9.4 Exportación de datos

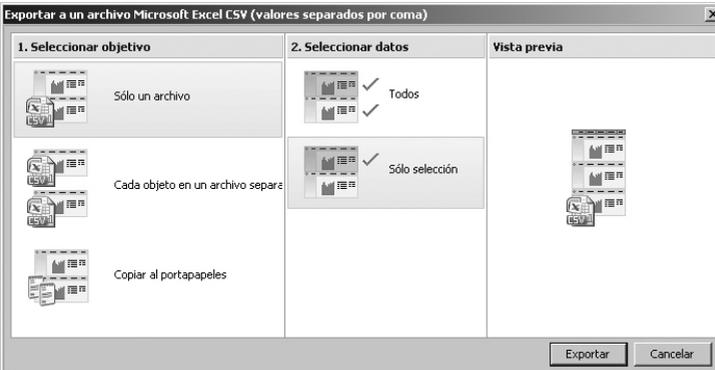
Pundit Link permite la exportación de objetos seleccionados o del proyecto completo para utilizarlos en programas de terceros. Hacer clic en el objeto de medición que se desea exportar. Será visualizado de modo resaltado como lo muestra la ilustración.



Id	Name	Date & Time	Measurement Type	Velocity	Time 1	Time 2	Distance	Crack Depth	Correction Factor
21		03/03/2010 11:27 AM	Direct	2749 m/s	25.1 µs		25.1 µs	0.069 m	1.00
22		03/03/2010 11:27 AM	Direct	2749 m/s	25.1 µs		25.1 µs	0.069 m	1.00
23		03/03/2010 11:27 AM	Direct	2471 m/s	53.6 µs		25.1 µs	0.130 m	1.00
24		03/03/2010 11:27 AM	Direct	2471 m/s	53.6 µs		25.1 µs	0.130 m	1.00
25		03/03/2010 11:27 AM	Surface	2979 m/s	48.6 µs		48.6 µs	0.130 m	1.00



Hacer clic en el icono “Exportar como archivo(s) CSV”. Los datos para este objeto de medición serán exportados como archivo o archivos Microsoft Office Excel de valores separados por comas. Las opciones de exportación podrán seleccionarse en la siguiente ventana:



Hacer clic en el icono “Exportar como gráfico” para abrir la siguiente ventana donde podrán escogerse las diferentes opciones de exportación.



En ambos casos, la ventana de vista previa mostrará los efectos de la selección de salida actual. Terminar haciendo clic en “Exportar” para seleccionar la ubicación del archivo, darle un nombre al archivo y, en caso de una salida gráfica, para configurar el formato de salida: .png, .bmp o .jpg

## 9.5 Eliminación y restauración de datos

El elemento de menú “Editar – Delete [borrar]” permite borrar una o varias series seleccionadas de los datos descargados.



**Nota:**

Esto no borrará datos del Pundit, únicamente datos en el proyecto actual.

El elemento de menú “Editar – Select all [seleccionar todo]” permite al usuario seleccionar todas las series en el proyecto para borrarlas, exportarlas, etc.

### Restauración de los datos originales descargados

Seleccionar el elemento de menú “Archivo – Restore all original data [restaurar todos los datos originales]” para restaurar los datos al formato original del modo como habían sido descargados. Esto es una característica útil si se han estado manipulando los datos pero se desea regresar a los datos brutos una vez más. Aparecerá una advertencia para avisar que los datos originales serán restaurados. Confirmar para restaurar.



**Nota:** Se perderán todos los nombres o comentarios que hayan sido agregados a la serie.

### Eliminación de datos guardados en el Pundit

Seleccionar el elemento de menú “Dispositivo – Delete all measurements object on Pundit [borrar todos los objetos de medición en Pundit]” para borrar todos los datos en el Pundit. Aparecerá una advertencia para avisar que todos los datos serán borrados. Confirmar para borrar.



**Nota:**

Esta acción borrará cada una de las series de mediciones. No es posible borrar series individuales.

## 9.6 Otras funciones

Los siguientes elementos de menú están a disposición a través de los iconos en la parte superior de la pantalla:



Icono “PQUpgrade”: permite la actualización del firmware a través de Internet o desde archivos locales.



Icono “Abrir proyecto”: permite abrir un proyecto .pql guardado previamente.



Icono “Guardar proyecto”: permite guardar el proyecto actual.



icono “Imprimir”: permite imprimir el proyecto. En el cuadro de diálogo de impresora se podrá seleccionar si se desea imprimir todos los datos o únicamente lecturas seleccionadas.

## 9.7 Modo dinámico

Pundit Lab le permite al usuario el control remoto del Pundit Lab y la vista directa de la forma de onda en la pantalla del PC.



Hacer clic en el icono “Modo dinámico”. Si todavía no se ha establecido ninguna comunicación con el Pundit, se iniciará la secuencia de establecimiento de comunicación. (Véase 9.1). Se visualizará la ventana “Modo dinámico”.

<b>Configuración</b> Distancia: <input type="text"/> m Velocidad: <input type="text"/> m/s Amplitud: <input type="text" value="auto"/> Ganancia de sonda: <input type="text" value="auto"/> Cuadro de tiempo: <input type="text" value="0,2 ms"/> <input type="button" value="Configuración avanzada ..."/>	<b>Registro de datos</b> Intervalo: <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="1"/> hh:mm:ss Cantidad de eventos: <input type="text" value="100"/> Lecturas por evento: <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="Inicio"/> <input type="button" value="Paro"/>	<b>Modo dinámico</b> <input type="radio"/> Continuo <input checked="" type="radio"/> Cantidad limitada de lecturas: <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="Inicio"/> <input type="button" value="Paro"/> <input type="button" value="Siguiente"/>	<b>Ajustes curva</b> <input type="checkbox"/> Escala automática
---	---	--	--

Aquí se podrán controlar todos los parámetros de transmisión. Hacer clic en el botón “Configuración avanzada ...” para ajustar los siguientes parámetros:

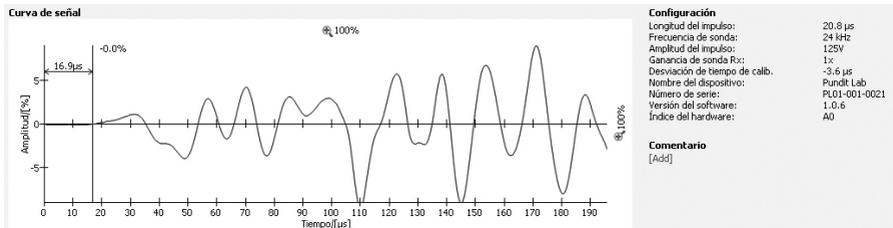
<b>Configuración avanzada</b> Sonda: <input type="text" value="54 kHz"/> Duración de pulso: <input type="text" value="9.3"/> $\mu$ s Factor de corrección: <input type="text" value="1.00"/> Unidad de longitud: <input type="text" value="m"/> Unidad de resistencia a la compresión: <input type="text" value="MPa"/> Curva de conversión: <input type="text" value="poly_EC"/> Valor de rebote (SONREB): <input type="text" value="..."/> <input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>
---

Por favor, tener en cuenta que la duración de pulso estará ajustada de manera predeterminada en un valor óptimo para la frecuencia del transductor seleccionada.

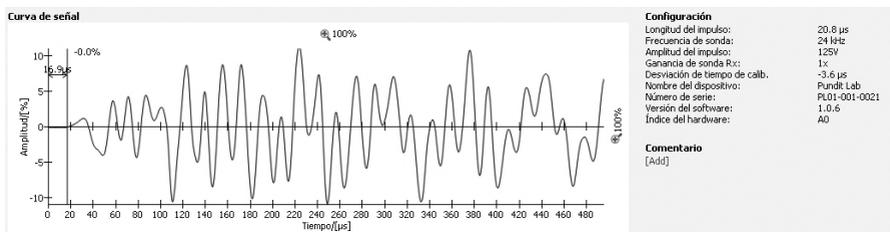
### Trama de tiempo

Podrá ajustarse entre 0.1ms y un máximo de 10ms. (Por favor, tener en cuenta que 10 ms corresponden a una medición de aproximadamente 40m a través de hormigón.) Mediciones típicas serán de menos de 0.5ms. Esta configuración determina la escala de tiempo para la visualización de la forma de onda mostrada más abajo.

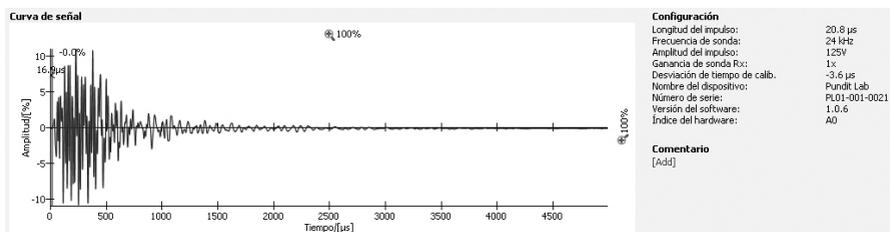
P. ej.: tiempo de registro ajustado en 0.2 ms



P. ej.: tiempo de registro ajustado en 0.5 ms



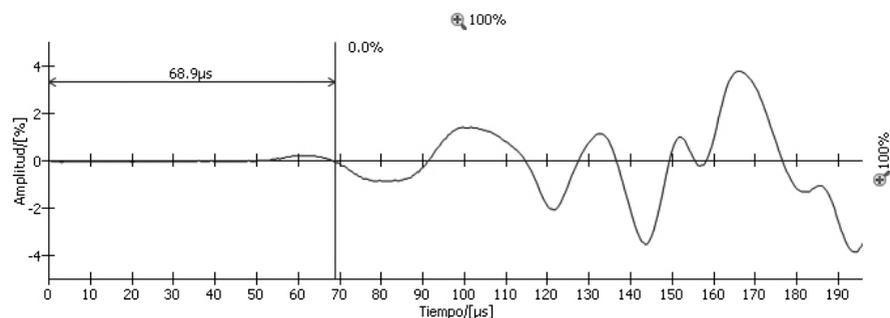
P. ej.: tiempo de registro ajustado en 5 ms



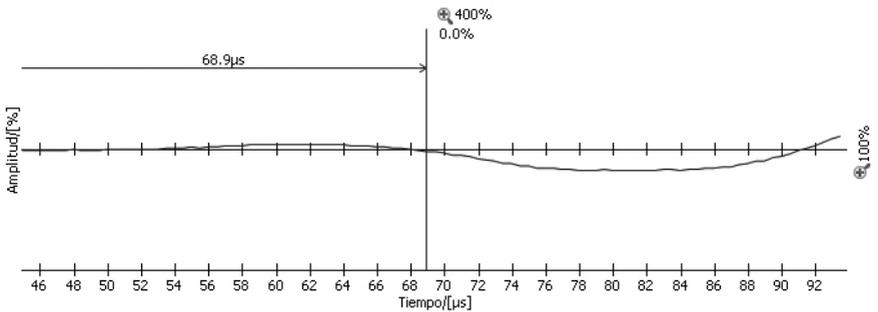
### Ajuste manual del punto de disparo

Pundit Link le ofrece al usuario la opción de ajustar el punto de disparo manualmente. Véase el ejemplo más abajo

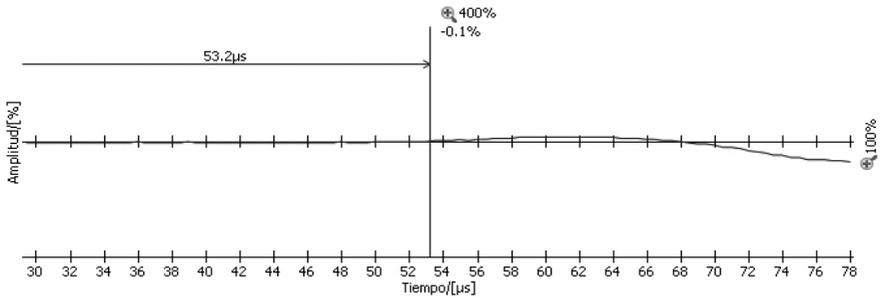
Punto de disparo captado automáticamente.



Acercar haciendo clic en los botones de zoom de tiempo y de escala de amplitud para el ajuste fino.



Hacer clic y arrastrar la línea azul para ajustar el punto de disparo manualmente.



**Nota:** En este ejemplo, la amplitud de señal es muy baja. Usar una configuración de tensión de salida y una configuración de ganancia más altas para obtener mejores resultados.

### Registro de datos

El modo Registro de datos le permite al usuario la programación de una secuencia de ensayo.

Registro de datos

Intervalo:    hh::mm:ss

Cantidad de eventos:

Lecturas por evento:

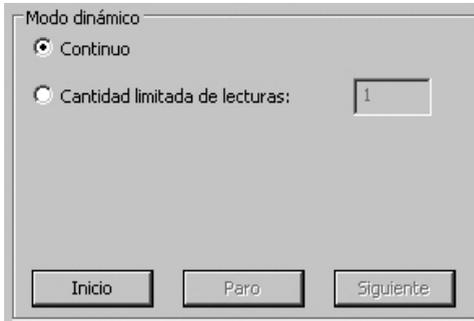
Intervalo: entre mediciones.

Cantidad de eventos: hasta completar el ensayo.

Lecturas por evento: la cantidad de mediciones realizadas en cada intervalo.

### Modo dinámico

El modo dinámico le permite al usuario la ejecución de ensayos con o sin registro de los datos.

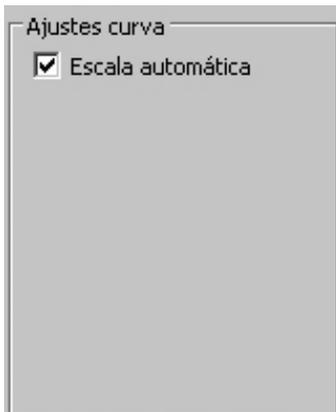


En el modo continuo, el Pundit Lab comenzará con la medición tan pronto se pulse “Inicio”, y continuará hasta que se pulse “Paro”.

En caso de que únicamente se requiera una cantidad limitada de lecturas, será posible ajustar esto.

Al pulsar “Siguiete”, se registrarán los datos y será posible comenzar con una nueva medición.

### Configuración de forma de onda (ajustes curva)



Haciendo clic en “Escala automática”, se ajustarán en una configuración óptima los parámetros de zoom de la visualización de forma de onda.

## 9.8 Curvas de conversión

Pundit Lab<sup>+</sup> permite la realización de estimaciones de resistencia a la compresión usando mediciones de velocidad de pulso o una combinación de mediciones de velocidad de pulso y de martillo de rebote.

Para hacer esto será necesario crear una curva de conversión y cargar la misma al instrumento.

Las curvas de conversión son muy específicas del hormigón que se está ensayando y existen muchos ejemplos en la literatura.

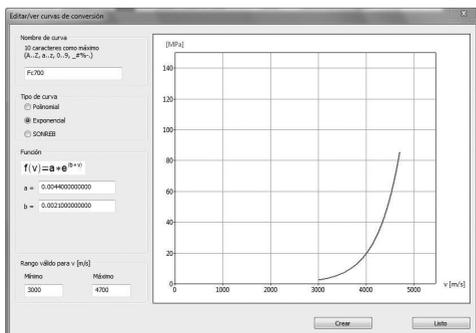
Pundit Lab<sup>+</sup> permite la programación tanto de curvas polinomiales como de curvas exponenciales y, en el caso de una medición ultrasónica / de valor de rebote combinada, la introducción de una curva basada en el método SONREB (SONic REBound [rebote sónico]).

Seleccionar el elemento de menú “Curvas de conversión”

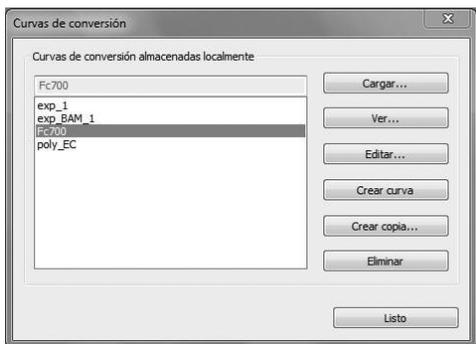


Aquí pueden verse curvas existentes almacenadas en el ordenador del usuario, puede copiarse una curva existente para su modificación o:

Crear nueva curva.



Introducir los parámetros de curva y hacer clic en “Crear”.



Ahora, la nueva curva aparecerá en la lista desplegable y podrá ser cargada en el Pundit Lab\*.

## 10. Interfaz de control remoto de Pundit Lab

La interfaz de Pundit Lab es totalmente adecuada para aquellos usuarios que no desean usar el software PunditLink sino quieren integrar Pundit Lab en el software que usan en el laboratorio tal como LabVIEW.

El documento referente a la interfaz de control remoto, el cual proporciona las instrucciones completas está a disposición en la sección de descargas de la página web de Proceq [www.proceq.com](http://www.proceq.com).

**Proceq Europe**

Ringstrasse 2  
CH-8603 Schwerzenbach  
Teléfono: +41 -43-355 38 00  
Fax: +41 -43-355 38 12  
info-europe@proceq.com

**Proceq UK Ltd.**

Bedford i-lab, Priory Business Park  
Stannard Way  
Bedford MK44 3RZ  
Reino Unido  
Teléfono +44-12-3483-4515  
info-uk@proceq.com

**Proceq USA, Inc.**

117 Corporation Drive  
Aliquippa, PA 15001  
Teléfono: +1-724-512-0330  
Fax: +1-724-512-0331  
info-usa@proceq.com

**Proceq Asia Pte Ltd**

12 New Industrial Road  
#02-02A Morningstar Centre  
Singapore 536202  
Teléfono: +65-6382-3966  
Fax: +65 -6382-3307  
info-asia@proceq.com

**Proceq Rus LLC**

Ul.Optikov 4  
korp.2, lit. A, Office 412  
197374 St. Petersburg  
Rusia  
Teléfono/Fax: + 7 812 448 35 00  
info-russia@proceq.com

**Proceq Middle East**

P. O. Box 8365, SAIF Zone,  
Sharjah, United Arab Emirates  
Teléfono: +971-6-557-8505  
Fax: +971-6-557-8606  
info-middleeast@proceq.com

**Proceq SAO Ltd.**

South American Operations  
Rua Haddock Lobo, 746 - 5 andar  
Cerqueira Cesar, São Paulo  
Brasil Cep. 01414-000  
Teléfono: +55 11 3083 38 89  
info-southamerica@proceq.com

**Proceq China**

Unit B, 19th Floor  
Five Continent International Mansion, No. 807  
Zhao Jia Bang Road  
Shanghai, 200032  
China  
Teléfono: +86-21-6317-7479  
Fax: +86-21-6317-5015  
info-china@proceq.com

**www.proceq.com**

Sujeto a modificaciones sin previo aviso.

Copyright © 2011 por Proceq SA, Schwerzenbach, Suiza  
Número de pieza: 820 326 01 S

