



Figura 43: Partes diagonalmente opuestas de semejantes características del agregado fino



Figura 44: Muestreo del agregado fino por el método de cuarteo.

#### 4. Toma de datos

Tabla 26: Datos del muestreo del agregado fino

PESO DE LA MUESTRA DEL FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC	5.0 KG
PESO DE LA MUESTRA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE VICHO	5.0 KG

#### 3.5.1.2. Muestreo del agregado grueso (NTP 400.012)

##### 1. Objetivo

- Conocer el procedimiento en la toma de muestra de agregado grueso.
- Determinar la cantidad de material mínimo que indica la norma técnica peruana para utilizar en el procedimiento.

## 2. Equipos y materiales

- Regla de madera
- Espátula
- Bandejas
- Balanza de precisión.
- Pala
- Brocha
- Escoba
- 70 kg. De agregado grueso para el cuarteo

## 3. Procedimiento

- Se tomó una muestra de agregado de 70 kg. de agregado como mínimo.
- Se echó el agregado a un piso limpio libre de residuos y se procedió a formar un cono con el agregado y procedimos con el mezclado con un mínimo de 7 vueltas al mismo tiempo con ayuda de una pala.
- Con ayuda de la pala se extendió el agregado hasta darle una base circular que mantenga un espesor uniforme.
- Con la regla de madera se dividió diagonalmente la muestra en 4 partes similares.
- Una vez dividido procedimos a escoger las 2 partes diagonalmente opuestas de semejantes características y las otras 2 partes se desecharon del muestreo.
- Las partes elegidas se procedieron a mezclar nuevamente y se repitió la operación descrita anteriormente hasta obtener la cantidad de muestra que se requiero, por último, la muestra se pesa en la balanza que fueron 10 kg.



*Figura 45:* Muestra del agregado grueso



Figura 46: División de la muestra de agregado grueso en 4 partes iguales



Figura 47: Partes diagonalmente opuestas de semejantes características del agregado grueso

#### 4. Toma de datos

Tabla 27: Datos del muestreo del agregado grueso

PESO DE LA MUESTRA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO	10 KG
---	-------

#### 3.5.2 Granulometría de los agregados (NTP 400.012)

##### 3.5.2.1 Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)

##### 1. Objetivo

- Determinar cuantitativamente, los tamaños de partículas de agregados gruesos y finos de cada material, por medio de tamices de abertura cuadrada
- Determinamos la distribución de los tamaños de las partículas de la muestra seca del agregado por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

## 2. Equipos y materiales

- Espátula
- Bandejas metálicas
- Balanza de precisión con sensibilidad de 0.1%.
- Brocha
- Serie de tamices: N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200
- Agitador mecánico de tamices
- Horno de una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{c}$ .

## 3. Procedimiento

- Se tomó una muestra seca en el horno de alrededor de 5 kg. de agregado mediante el método del cuarteo.
- Se seleccionó los tamices de mayor a menor diámetro según nos indica la norma ASTM.
- Se procedió a vaciar la muestra de agregado dentro del primer tamiz, poner la tapa y colocarlo dentro de la maquina tamizadora durante un periodo de 3 minutos.
- Una vez terminado el proceso de tamizado, procedimos a tomar el peso del material retenido de cada uno de los tamices respetando la serie.

Finalmente culminamos con el procesamiento de los datos obteniendo la curva granulométrica.



*Figura 48:* Peso del agregado fino antes del tamizado



Figura 49: Material retenido luego del tamizado



Figura 50: Muestreo del agregado fino por el método de cuarteo.

#### 4. Toma de datos

Tabla 28: Datos de la granulometría de la arena fina de vicho

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO TAMIZ (Gr)	PESO RETENIDO (Gr)	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) $(\frac{PRC_i}{\Sigma PRC})$	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) $(PRA_i + PRA_{i-1})$	PORCENTAJE QUE PASA $(100 - PRA_i)$	LIMITE INFERIOR (NTP 400.037)	LIMITE SUPERIOR (NTP 400.037)
3/8"	9.525	545.000	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%	100%	100%
N°4	4.760	500.000	286.21	286.66	23.9%	23.9%	76.11%	95%	100%
N°8	2.360	490.000	401.85	402.48	33.5%	57.4%	42.57%	80%	100%
N°16	1.190	420.000	247.81	248.20	20.7%	78.1%	21.89%	50%	85%
N°30	0.600	395.000	139.01	139.23	11.6%	89.7%	10.29%	25%	60%
N°50	0.300	360.000	71.98	72.09	6.0%	95.7%	4.28%	10%	30%
N°100	0.149	345.000	33.76	33.81	2.8%	98.5%	1.46%	2%	10%
N°200	0.074	310.000	14.71	14.73	1.2%	99.8%	0.23%	0%	0%
FONDO			2.79	2.79	0.2%	100.0%	0.00%		
TOTAL			<b>1198.12</b>	<b>1200.00</b>					



Tabla 29: Datos de la granulometría de la arena gruesa (confitillo) de Cunyac

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO TAMIZ (Gr)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) (PRC <sub>i</sub> / ΣPRC)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) (PRA <sub>i</sub> + PPR <sub>...i</sub> )	PORCENTAJE QUE PASA (100 - PRA <sub>i</sub> )	LIMITE INFERIOR (NTP 400.037)	LIMITE SUPERIOR (NTP 400.037)
3/8"	9.525	545.000	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%	100%	100%
N°4	4.760	500.000	18.79	18.80	1.6%	1.6%	98.43%	95%	100%
N°8	2.360	490.000	26.96	26.98	2.2%	3.8%	96.19%	80%	100%
N°16	1.190	420.000	54.44	54.47	4.5%	8.4%	91.65%	50%	85%
N°30	0.600	395.000	273.95	274.12	22.8%	31.2%	68.80%	25%	60%
N°50	0.300	360.000	583.79	584.15	48.7%	79.9%	20.12%	10%	30%
N°100	0.149	345.000	194.49	194.61	16.2%	96.1%	3.91%	2%	10%
N°200	0.074	310.000	44.18	44.21	3.7%	99.8%	0.22%	0%	0%
FONDO			2.67	2.67	0.2%	100.0%	0.00%		
TOTAL			1199.27	1200.00		320.68			

### Granulometría del agregado fino combinado de vicho 80% y Cunyac 20%.

Tabla 30: Datos de la granulometría del agregado fino de vicho 80% y Cunyac 20%.

Malla		PESO TAMIZ (Gr)	% PASANTE CUNYAC	% PASANTE VICHO	% Combinación Pasante	Parámetros	
Tamiz.	mm.					Lím. Inf.	Lím. Sup.
3/8"	9.525	545.000	100.00%	100.00%	100.00%	100%	100%
N° 4	4.76	500.000	98.43%	76.11%	93.97%	95%	100%
N° 8	2.36	490.000	96.19%	42.57%	85.46%	80%	100%
N° 16	1.19	420.000	91.65%	21.89%	77.69%	50%	85%
N° 30	0.6	395.000	68.80%	10.29%	57.10%	25%	60%
N° 50	0.3	360.000	20.12%	4.28%	16.95%	10%	30%
N° 100	0.149	345.000	3.91%	1.46%	3.42%	2%	10%
N° 200	0.074	310.000	0.22%	0.23%	0.22%	0%	0%
CAZUELA			0.00%	0.00%	0.00%		

### 3.5.2.2 Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)

#### 1. Objetivo

- Determinar cuantitativamente, los tamaños de partículas de agregados gruesos y finos de cada material, por medio de tamices de abertura cuadrada.
- Determinamos la distribución de los tamaños de las partículas de la muestra seca del agregado por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

#### 2. Equipos

- Bandeja metálica
- Balanza de precisión
- Serie de tamices: 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y N°4

- Agitador mecánico de tamices
- Horno de una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

### 3. Procedimiento

- Se tomó una muestra de aproximadamente 5 kg. de agregado mediante el método del cuarteo.
- Se ordenaron los tamices de mayor a menor diámetro según como nos indica la norma ASTM.
- Procedimos a vaciar la muestra de agregado dentro del primer tamiz, poner la tapa y colocarlo dentro de la maquina tamizadora durante un periodo de 5 minutos.
- Una vez terminado el proceso de tamizado, se procedió a tomar el peso del material retenido de cada uno de la serie de tamices.
- Una vez terminado el procesamiento de los datos obtuvimos la curva granulométrica.

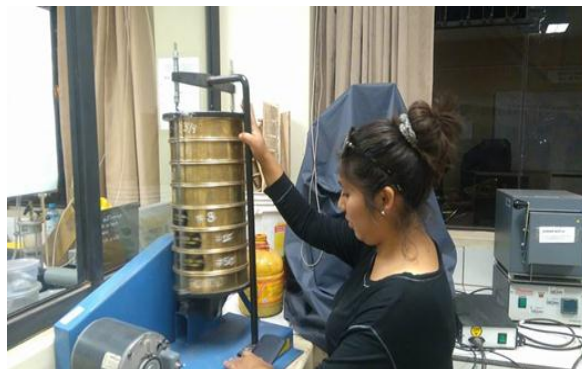


Figura 51: Material retenido luego del tamizado



Figura 52: Material retenido luego del tamizado



Figura 53: Material retenido luego del tamizado

#### 4. Toma de datos

Tabla 31: Datos de análisis granulométrico del agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) $(PRC_i / \sum PRC)$	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) $(PRA_i + PPR_{i-1})$	PORCENTAJE QUE PASA $(100 - PRA_i)$	LIMITE INFERIOR $(NTP 400.037)$ <u>HUSO 67</u>	LIMITE SUPERIOR $(NTP 400.037)$ <u>HUSO 67</u>
2"	50.80	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	-	-	-	-	-
1"	25.40	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100%	100%	100%
3/4"	19.05	113.51	113.66	2.53%	2.53%	97%	90%	100%
1/2"	12.70	1185.01	1186.54	26.46%	28.99%	71%	-	-
3/8"	9.53	1279.58	1281.23	28.57%	57.56%	42%	20%	55%
N°4	4.76	1798.88	1801.20	40.16%	97.72%	2%	0%	10%
N°8	2.36	0.00	0.00	0.00%	97.72%	2%	0%	5%
FONDO		102.24	102.37	2.28%	100.00%	0%		
TOTAL		4479.22	4485.00		284.52			

### 3.5.3 Propiedades de los agregados finos y gruesos

#### 3.5.3.1 Propiedades del agregado fino

##### 3.5.3.1.1 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.021)

#### 1. Objetivo

- Se describe el procedimiento a seguir para determinar los pesos específicos aparentes y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua.

#### 2. Equipos

- Cono metálico y apisonador de metal
- Fiola de vidrio de 500 ml.
- Bomba de vacíos
- Balanza de precisión
- Bandeja metálica



- Horno

### 3. Procedimiento

- Se pesó y anotó el peso de la fiola de vidrio con el agua hasta el nivel de 500 ml.
- Para conseguir la muestra para el ensayo se procedió a obtener 1 kg. de material mediante el método del cuarteo el cual se puso al horno a 110 °C por un periodo de 24 horas, para luego ser sumergido en agua durante otras 24 horas.
- Sacado el material luego de su sumersión por 24 horas se procedió a secarlo parcialmente hasta obtener un estado saturado superficialmente seco. - Para comprobar el estado natural superficialmente seco, se realizó la prueba del cono de humedad cuantas veces sea necesario hasta conseguir la humedad ideal y obtener que la muestra logre desmoronarse dejando la parte superior del cono estable. - Inmediatamente después de eso se pesó 500 gr. del material para ponerlo dentro de la fiola y los otros 500 gr. se ponen al horno por 24 horas a 110 °C para luego obtener el peso. - Una vez ingresado el material dentro de la fiola se llenó el picnómetro con agua hasta el límite de los 500 ml. y se procedió a quitar los vacíos que existan hasta que se eliminen en su totalidad las burbujas de aire que pudieron estar atrapadas en la fiola. - Finalmente se pesó la fiola de vidrio y el material que se dejó en el horno.



Figura 54: Prueba de humedad luego de usar el cono metálico.



Figura 55: Pesado del material antes de colocarlo en la fiola de vidrio



Figura 56: Extracción de vacíos de la fiola de vidrio

4. Toma de datos

Tabla 32: Datos del peso específico del agregado fino combinado

TOMA DE DATOS		
Peso de la muestra secada en el horno (A) =	491.93	gr.
Peso del picnómetro aforado lleno de agua (B) =	675.05	gr.
Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua (C) =	982.80	gr.
Peso de la muestra saturada con superficie seca (S) =	500.00	gr.

$Peso\ Específico\ de\ la\ Masa\ (P_{em}) = \frac{A}{B + S - C} =$	2.559	gr/m <sup>3</sup>	ok
$Peso\ Específico\ de\ Masa\ (SSS) = \frac{S}{B + S - C} =$	2.601	gr/m <sup>3</sup>	
$Peso\ Específico\ Aparente\ (P_{ea}) = \frac{A}{B + A - C} =$	2.671	gr/m <sup>3</sup>	
$Absorción(\%) = \frac{S-A}{A} * 100 =$	1.640	%	ok

### 3.5.3.1.2 Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185)

#### 1. Objetivo

- Se realizó este ensayo para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado grueso por secado.

#### 2. Equipos

- Balanza de precisión
- Recipientes metálicos
- Horno que mantenga temperatura uniforme

#### 3. Procedimiento

- Se pesaron los recipientes a utilizar.
- Se tomó una muestra representativa de agregado fino combinado para el ensayo y se colocó dentro de los recipientes.
- Se pesó cada uno de los recipientes con la muestra dentro en una balanza con precisión de 0.5 gr.
- Luego se colocaron las muestras dentro del horno durante  $24 \pm 4$  horas a  $110 \pm 5$  °C.
- Luego se determinó la masa de la muestra seca y enfriada para finalmente proceder al pesado de las mismas, anotando los pesos obtenidos.
- Una vez obtenidos los datos requeridos se hizo el trabajo en gabinete y hallar el porcentaje de humedad que necesitamos.



Figura 57: Colocado de muestras dentro del horno



#### 4. Toma de datos

Tabla 33: *Datos del contenido de humedad del agregado fino*

Peso de la muestra húmeda =	601.50	gr.
Peso de la muestra secada al horno =	596.40	gr.
Porcentaje de contenido de humedad =	<b>0.86</b>	<b>%</b>

Peso unitario del agregado fino combinado (NTP 400.017)

##### 1. Objetivo

- Se realizó este ensayo para determinar el peso unitario del agregado fino combinado suelto y compactado.

##### 2. Equipos

- Balanza con precisión
- Varilla lisa de 5/8" de 60 cm de longitud
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.

##### 3. Procedimiento

- Antes de comenzar este ensayo la muestra fue previamente secada al horno y se luego de eso se procedió con el ensayo:

###### 3.1 Peso unitario suelto:

- Se determinó el peso y volumen del molde. - Se vertió el agregado dentro del molde con ayuda de un cucharón metálico a una altura aproximada de 5 cm. hasta llenar el molde cilíndrico.
- Se enrasó el material con ayuda de la varilla lisa de 5/8" y se anotó el peso.
- Se volvió a repetir el proceso 2 veces más para obtener un promedio de los resultados.

###### 3.2 Peso unitario compactado:

- Se determinó el peso y volumen del molde. - Se vertió el agregado dentro del molde con ayuda de un cucharón metálico. - El procedimiento de llenado se realizó en tres capas de 25 golpes cada una con ayuda de la varilla lisa de 5/8", sin que la varilla toque el fondo y que los golpes sean repartidos alrededor de toda el área del molde para que el material sea compactado uniformemente. - Se enrasó el material con ayuda de la

varilla lisa de 5/8” y se llevó a la balanza de precisión para anotar el peso. - Se volvió a repetir el proceso 2 veces más para obtener un promedio de los resultados.

#### 4. Toma de datos

Tabla 34: Datos del peso unitario del agregado fino suelto y compactado

DATOS	RADIO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	PROMEDIO	
DATO 1	0.0762	0.2270	0.004	0.0041	m3
DATO 2	0.0761	0.2265	0.004		
DATO 3	0.0758	0.2267	0.004		
DATO 4	0.0757	0.2266	0.004		

Tabla 35: Datos del peso unitario del agregado fino suelto y compactado procesados

DESCRIPCION	SUELTO			VARILLADO		
	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 1	PESO 2	PESO 3
PESO DEL MOLDE	8.4957	8.4957	8.4957	8.4957	8.4957	8.4957
PESO DEL MOLDE + AGREGADO	14.770	14.790	14.820	15.550	15.560	15.570
PESO DEL AGREGADO SECO	6.2743	6.2943	6.3243	7.0543	7.0643	7.0743
VOLUMEN DEL MOLDE	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
PESO UNITARIO	1528.807	1533.681	1540.990	1718.864	1721.300	1723.737
PESO UNITARIO PROMEDIO	1534.493		Kg/m <sup>3</sup>	1721.300		Kg/m <sup>3</sup>

### 3.5.3.2 Propiedades del agregado grueso

#### 3.5.3.2.1 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)

##### 1. Objetivo

- Es determinar el peso específico y absorción del agregado grueso a partir del humedecimiento total del agregado en 24 horas.

##### 2. Equipos

- Balanza de precisión
- Cubeta galvanizada
- Depósito de agua
- Horno

##### 3. Procedimiento

- Primero se lavó una muestra de aproximadamente 3kg. y se dejó secando en el horno por 24 horas a 110 °C, se esperó que enfríe a temperatura ambiente y fue sumergida en agua por otras 24 horas para su saturación.



- Se sacó el agregado de su estado de saturación y empezó a secarlo superficialmente con la ayuda de una franela hasta alcanzar el estado superficialmente seco y se procedió a pesarlo.
- Posteriormente el agregado pesado en estado superficialmente seco fue colocado en la cubeta galvanizada y sumergido en el depósito de agua sacudiendo el agregado para evitar la presencia de aire atrapado entre la muestra.
- Una vez sumergida la muestra se procedió a colgar del gancho de la cubeta a la parte inferior de la balanza dispuesta para este ensayo y se tomó la lectura del peso.
- Una vez terminado el paso anterior se colocó la muestra en el horno durante un periodo de 24 horas a 110 °C, se deja enfriar a temperatura ambiente y se anota el peso.



*Figura 58:* Pesado de la muestra en estado superficialmente seco



*Figura 59:* Secado superficial con la ayuda de una franela

#### 4. Toma de datos

Tabla 36: Datos del peso específico y absorción del agregado grueso

TOMA DE DATOS		
Peso de la muestra seca en el aire (A) =	4396.800	gr.
Peso de la muestra saturada con superficie seca en el aire (B) =	4456.000	gr.
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (C) =	2809.800	gr.

$$\begin{aligned} \text{Peso Específico de Masa (Pem)} &= \frac{A}{B - C} = 2.67 \\ \text{Peso Específico de Masa Saturada con Superficie seca (PeSSS)} &= \frac{B}{B - C} = 2.71 \\ \text{Peso Específico Aparente (Pea)} &= \frac{A}{A - C} = 2.77 \\ \text{Absorción(\%)} &= \frac{B - A}{A} * 100 = 1.35 \quad \% \end{aligned}$$

#### 3.5.3.2.2 Contenido de humedad del agregado grueso (NTP 339.185)

##### 1. Objetivo

- El objetivo es determinar el porcentaje de humedad total de una muestra de agregado grueso.

##### 2. Equipos

- Balanza de precisión
- Recipiente metálico
- Horno

##### 3. Procedimiento

- Se pesaron los recipientes a utilizar.
- Se tomó una muestra representativa de agregado fino combinado adecuado al tamaño del recipiente que vamos a utilizar para el ensayo y se colocó dentro de los recipientes.
- Se procedió a pesar cada uno de los recipientes con la muestra dentro en una balanza con precisión.
- Luego de eso se colocaron las muestras dentro del horno durante 24 horas a 110 °C.



- Terminada la estadía de las muestras dentro del horno se sacaron y procedieron al pesado de las mismas, anotando los pesos obtenidos.
- Una vez obtenidos los datos requeridos se hizo el trabajo en gabinete para hallar el porcentaje de humedad que necesitamos.

#### 4. Toma de datos

Tabla 37: Datos del contenido de humedad del agregado grueso

Peso de la muestra húmeda =	3000.00	gr.
Peso de la muestra secada al horno =	2990.04	gr.
Porcentaje de contenido de humedad =	0.33	%

#### 3.5.3.2.3 Peso unitario del agregado Grueso

##### 1. Objetivo

- Se realizó este ensayo para determinar el peso unitario del agregado grueso suelto y compactado.

##### 2. Equipos

- Balanza con precisión
- Varilla lisa de 5/8" de 60 cm de longitud
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido

##### 3. Procedimiento

- Antes de comenzar este ensayo la muestra fue previamente secada al horno y se luego de eso se procedió con el ensayo:

###### a. Peso unitario suelto:

- Se determinó el peso y volumen del molde. - Se vertió el agregado dentro del molde con ayuda de un cucharón metálico a una altura aproximada de 5 cm. hasta llenar el molde cilíndrico. - Se enrasó el material con ayuda de la varilla lisa de 5/8" y se anotó el peso.
- Se volvió a repetir el proceso 2 veces más para obtener un promedio de los resultados.

###### b. Peso unitario compactado:

- Se determinó el peso y volumen del molde. - Se vertió el agregado dentro del molde con ayuda de un cucharón metálico.

- El procedimiento de llenado se realizó en tres capas de 25 golpes cada una con ayuda de la varilla lisa de 5/8", sin que la varilla toque el fondo y que los golpes sean repartidos alrededor de toda el área del molde para que el material sea compactado uniformemente.
- Se enrasó el material con ayuda de la varilla lisa de 5/8" y se llevó a la balanza de precisión para anotar el peso.
- Se volvió a repetir el proceso 2 veces más para obtener un promedio de los resultados.

#### 4. Toma de datos

Tabla 38: *Datos del peso unitario del agregado grueso suelto y combinado*

	RADIO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	PROMEDIO	
DATO 1	0.074	0.1673	0.00290	0.0061	m3
DATO 2	0.074	0.1671	0.00290		
DATO 3	0.074	0.1672	0.00288		
PROM.	0.0742	0.1672	0.002891981		

Tabla 39: *Datos del peso unitario del agregado grueso suelto y combinado procesados*

DESCRIPCION	SUELTO			VARILLADO		
	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 1	PESO 2	PESO 3
PESO DEL MOLDE	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750
PESO DEL MOLDE + AGREGA	14.530	14.650	14.620	12.654	12.650	12.700
PESO DEL AGREGADO SECC	7.780	7.900	7.870	5.904	5.900	5.950
VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
PESO UNITARIO	1271.242	1290.850	1285.948	964.706	964.052	972.222
PESO UNITARIO PROMEDIO	1282.680		Kg/m <sup>3</sup>	966.993		Kg/m <sup>3</sup>

#### 3.5.3.2.4 Resistencia a la abrasión del agregado grueso

##### 1. Objetivo

- Es medir el desgaste producto del impacto y rozamiento superficial de la muestra. Midiendo un índice de calidad y determinar la dureza de los agregados.

##### 2. Equipos

- Balanza de precisión
- Horno
- Tamices
- Máquina de abrasión Los Ángeles

### 3. Procedimiento

- De acuerdo a los resultados de la granulometría se determinó el método a utilizar. - El método utilizado fue el método B, para este caso se procedió a pesar 2.5 kg. de agregado grueso retenido en el tamiz de 3/4" y otros 2.5 kg. de agregado grueso retenido de 1/2", haciendo un total de 5.0 kg de agregado total para la muestra.
- Se colocó dentro de la máquina de abrasión Los Ángeles las esferas correspondientes de acuerdo al método B que fueron 11 en total durante un periodo de 15 minutos a 500 revoluciones.
- Culminado el tiempo y el número de vueltas del ensayo se sacó el material y fue tamizado por la malla N° 10, el material que pasó por esta malla fue desechado - El agregado retenido en la malla N° 10 fue lavado y puesto al horno durante un periodo de 24 horas para obtener como resultado final el peso seco de este material.



Figura 60: Colocado las esferas correspondientes dentro de la máquina de abrasión Los Ángeles

### 4. Toma de datos

Tabla 40: Datos de resistencia a la abrasión del agregado grueso

RESISTENCIA A LA ABRASION DEL AGREGADO GRUESO			
SIMB.	DESCRIPCION	UND	VALOR
P1	Peso inicial total	g.	5000.00
P2	Peso final seco retenido	g.	3651.00
D	Desgaste	%	26.98

#### 3.5.3.3 Ensayos preliminares para el diseño de mezcla del concreto autocompactable

##### 3.5.3.3.1 Diseño del esqueleto granular (ASTM C-29)

###### 1. Objetivo

- El ensayo del esqueleto granular nos ayuda a determinar del volumen de agregado grueso y contenido de arena





- Determinamos con este ensayo la proporción de la grava y arena con respecto al agregado total.

- Obtendremos la mejor compactación entre grava – arena.

**2. Equipos**

- Balanza
- Varilla compactadora de acero liso de 16 mm (5/8”) de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24”).
- Recipiente de medidas conocidas, metálico, cilíndrico, preferiblemente con asas, a prueba de agua.
- Pala
- Horno, capaz de mantener una temperatura constante uniforme.

**3. Procedimiento**

- Utilizando un recipiente de aproximadamente cinco litros, como especifica la metodología se mezclaron diferentes porcentajes de combinaciones de grava – arena, entre 60% - 40% y 40% - 60% respectivamente, para un peso total de 10 kg en condición de secado al aire.
- Se llenó tres veces el recipiente utilizando la gravedad para el acomodo del material, luego se enrazado y se extrajo el excedente para finalmente ser pesado, logrando obtener el peso unitario suelto de la mezcla, y así determinar el porcentaje de vacíos.

**4. Toma de datos**

Tabla 41: *Diseño del esqueleto granular determinación del volumen de agregado grueso y agregado fino*

I. DATOS GENERALES		
CANTERAS	AG. GRUESO VICHO Y AG. FINO CUNYAC Y HUAMBUTIO	
II. DATOS TECNICOS		
PESO TOTAL DEL MATERIAL ( muestra)	10.000	Kg
VOLUMEN DEL MOLDE ( de la briqueta y/o proctor)	4.106	ltr
PESO DEL MOLDE	8.520	kg
PESO UNITARIO AG. GRUESO ( dato ant)	1434.504	Kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO AG. FINO (suelto)	1534.493	Kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO AG. GRUESO	2.671	
PESO ESPECIFICO AG. FINO	2.559	

Tabla 42: *Diseño del esqueleto granular*

A	B	C	D		E	F	G	H
% GRAVA	% ARENA	GRAVA (kg)	ARENA (kg)	total de muestra (kg)	PESO (kg) MEZCLA 1+ MOLDE	PESO (kg) MEZCLA 2+ MOLDE	PESO (kg) MEZCLA 3+ MOLDE	PESO PROMEDIO MEZCLA + MOLDE (kg)
35.00%	65.00%	3.5	6.5	10.0	13.86	13.86	13.86	13.86
40.00%	60.00%	4.0	6.0	10.0	14.85	14.86	16.08	15.26
45.00%	55.00%	4.5	5.5	10.0	15.58	15.59	16.14	15.77
50.00%	50.00%	5.0	5.0	10.0	16.26	16.24	16.30	16.27
55.00%	45.00%	5.5	4.5	10.0	15.58	15.59	16.14	15.77
60.00%	40.00%	6.0	4.0	10.0	14.85	14.86	16.08	15.26

### 3.5.3.3.2 Diseño de la composición de la pasta (ASTM C-305)

#### 1. Objetivo

- Determinaremos la relación de agua cemento óptimo para una pasta con flujo cero para realizar el diseño del concreto autocompactable.

#### 2. Equipos

- Molde en forma de un cono truncado, de dimensiones: 70 mm diámetro superior, 100 mm diámetro de la base y 60 mm de altura.
- Placa de asiento cuadrada de un material rígido y no absorbente, de por lo menos 150 mm x 150 mm.
- Pala de mano
- Wincha
- Batidora
- Recipientes de mezcla

#### 3. Procedimiento

- Determinamos la relación volumétrica de agua/cemento en este caso se tomaron valores de 1.1 a 1.6.
- Pesamos los componentes de la pasta, para las diferentes relaciones volumétricas agua cemento.
- Mezclamos los componentes de la pasta tomando en cuenta los tiempos de mezclado indicados en la ASTM C-305.
- Colocamos la paleta mezcladora y el recipiente seco en su posición de trabajo.
- Luego se introdujo los materiales para una amasada en el recipiente y se mezcló, de la siguiente forma.

- Se vierte toda el agua de mezclado en el recipiente.

- Se agrega el cemento al agua y se deja reposar 30s mientras se absorbe el agua.
- Se mezcla durante 30s a velocidad lenta ( $285 \pm 10r/min$ ).
- Se para la mezcladora por 15s y durante este tiempo se arrastra la pasta adherida a la pared del recipiente hacia el fondo, con el raspador.
- Finalmente se mezcla durante 60s a velocidad media. (ASTM C-305, 2013)



Figura 61: Mezclado de pasta con batidora

- Se humedeció la placa de asiento, así como el cono truncado, para evitar absorción.
- Se colocó el cono truncado fijo en el centro de la placa de asiento, para llenar el cono con la pasta utilizando únicamente la capacidad de acomodo de la pasta, producto de su fluidez.
- Una vez llenado el cono levantamos cuidadosamente y determinamos el diámetro de fluidez de la pasta.
- Dar lectura a dos diámetros opuestos

**4. Toma de datos**

Tabla 43: Datos para el diseño de la composición de la pasta

DISEÑO DE LA COMPOSICIÓN DE LA PASTA				
A	B	C	D	E
Volumen de Mezcla de concreto (cm <sup>3</sup> )	Relación Agua/Finos	Peso Cemento (Kg)	Volumen Cemento (l)	Volumen Agua (l)
1500	1	0.75	0.262	0.262
1500	1.1	0.75	0.262	0.288
1500	1.2	0.75	0.262	0.315
1500	1.3	0.75	0.262	0.341
1500	1.4	0.75	0.262	0.367
1500	1.5	0.75	0.262	0.393
1500	1.6	0.75	0.262	0.420

Tabla 44: Relación agua/finos vs flujo relativo

RELACION AGUA/FINOS VS FLUJO RELATIVO								
Relación Agua/Finos	ENSAYO N°1			ENSAYO N°2			D	E
	FLUJO 1 (cm)	FLUJO 2 (cm)	FLUJO PROMEDIO(cm)	FLUJO 1 (cm)	FLUJO 2 (cm)	FLUJO PROMEDIO(cm)	FLUJO PROMEDIO(cm)	FLUJO RELATIVO (cm)
1.1	9.500	9.800	9.650	10.200	10.500	10.350	10.000	0.00
1.2	10.500	10.700	10.600	11.000	11.200	11.100	10.850	0.18
1.3	12.300	12.300	12.300	11.300	11.900	11.600	11.950	0.43
1.4	15.000	15.100	15.050	14.200	14.300	14.250	14.650	1.15
1.5	16.700	16.500	16.600	18.000	17.700	17.850	17.225	1.97
1.6	20.400	20.100	20.250	20.300	20.600	20.450	20.350	3.14

### 3.5.3.3.3 Diseño de la composición del mortero ASTM (C-305)

#### 1. Objetivo

- Determinar el diseño de mortero optimo que cumplan con los parámetros permisible para un diseño de mezcla de un concreto autocompactable.

#### 2. Equipos

- Molde en forma de un cono truncado, de dimensiones: 70 mm diámetro superior, 100 mm diámetro de la base y 60 mm de altura.
- Molde en forma de embudo V, de dimensiones: 20 cm de longitud superior, 2 cm de longitud de la base y 2 cm. De espesor
- Placa de asiento cuadrada de un material rígido y no absorbente, de por lo menos 150 mm x 150 mm.
- Pala de mano
- Wincha
- Batidora
- Recipientes de mezcla

#### 3. Procedimiento

- Con los datos obtenidos en el diseño de pasta optimo, pasamos a usar las mismas Con la relación volumétrica de agua/cemento óptimo de la pasta sacamos el porcentaje de agregado fino.
- Pesamos los componentes del mortero, para las diferentes relaciones volumétricas agua/cemento y agregado fino.
- Mezclamos los componentes del mortero tomando en cuenta los tiempos de mezclado indicados en la ASTM C-305.
- Colocamos la paleta mezcladora y el recipiente seco en su posición de trabajo.



- Luego se introdujo los materiales para una amasada en el recipiente y se mezcló, de la siguiente forma.
- Se vierte toda el agua de mezclado en el recipiente.
- Se agrega el cemento al agua y se mezcla durante 30s a velocidad lenta (140 5 r/min).
- Se agrega lentamente la totalidad de la arena en un periodo de 30s a velocidad lenta ( $285 \pm 10$  r/min).
- Se para la mezcladora y cambiamos a velocidad media (285 10 r/min) y seguimos mezclando por 30s.
- Se para la mezcladora y dejamos reposar el mortero por 90s; los primeros 15s de este tiempo se arrastra la pasta adherida a la pared del recipiente hacia el fondo, con el raspador y con el resto del tiempo dejamos reposar el mortero y tapar el recipiente.
- Se mezcla durante 60s a velocidad media (285 10 r/min).
- Finalmente se mezcla durante 60s más a velocidad media con la adición del porcentaje de aditivo CHEMA SUPER PLAST.

**a) Para el cono truncado:**

- Se humedeció la placa de asiento, así como el cono truncado, para evitar absorción.
- Se colocó el cono truncado fijo en el centro de la placa de asiento, para llenar el cono con la pasta utilizando únicamente la capacidad de acomodo de la pasta, producto de su fluidez.

**b) Para el embudo V:**

- Se humedeció el embudo V, para evitar absorción.
- Se colocó el embudo V fijo y se tapa la base fijamente con ayuda de los pernos de seguridad
- Luego se procede al llenado con el mortero utilizando únicamente la capacidad de acomodo del mortero para nivelarse.
- Finalmente se retira el pernos de seguridad y activamos el cronometro de manera paralela para tomar el tiempo hasta que se vea la luz en la base del embudo, el tiempo debe estar entre 5 y 7 seg. para considerar el mortero óptimo.



#### 4. Toma de datos

Tabla 45: Datos Para el diseño de la composición del mortero

A	B	C	D	E
Volumen de Mezcla de concreto (cm <sup>3</sup> )	Relación Agua/Finos	Peso Cemento (Kg)	Volumen Cemento (l)	Volumen Agua (l)
1500	1	0.75	0.262	0.262
1500	1.1	0.75	0.262	0.288
1500	1.2	0.75	0.262	0.315
1500	1.3	0.75	0.262	0.341
1500	1.4	0.75	0.262	0.367
1500	1.5	0.75	0.262	0.393
1500	1.6	0.75	0.262	0.420

#### 3.5.3.3.4 Ensayos para determinar la capacidad de relleno de un concreto autocompactable

##### a) Ensayo de asentamiento y extensibilidad (EFNARC-CAC 2003)

##### 1. Objetivo

- Se evaluó el flujo libre horizontal de CAC en ausencia de obstrucciones. El diámetro de la circunferencia que forma el concreto es una medida de la capacidad de relleno del mismo.

##### 2. Equipos

- Cono de Abrams
- Placa de asiento cuadrada de un material rígido no absorbente.
- Pala
- Wincha
- cronometro

##### 3. Procedimiento

- Se humedeció la placa de asiento y el interior del cono de Abrams y se colocó la placa de asiento sobre un terreno uniforme
- Se llenó el cono con la pala sin compactar sólo se enrazó el concreto de la parte superior del cono, quitando el concreto exente de alrededor de la base del cono.



Figura 62: Llenado del cono de Abrams con CAC

- Se eleva el cono verticalmente y permite que el concreto fluya hacia el exterior libremente simultáneamente inicie el cronómetro y registre el tiempo que requiere el concreto para alcanzar el círculo de 500 mm. (Éste es el período T50 cm).



Figura 63: Medida del asentamiento y flujo del concreto

- Se procedió a la medición del diámetro final del concreto en dos direcciones perpendiculares.
- Se Calculó el promedio de los dos diámetros medidos. (Se trata del flujo de asentamiento en mm).
- Observe cualquier borde del mortero o la pasta de cemento sin agregado grueso en el límite del charco de concreto.



Figura 64: Evaluación de la segregación

#### 4. Toma de datos

Tabla 46: Datos de asentamiento y extensibilidad concreto autocompactable

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)				
# ENSAYO	ASENTAMIENTO (cm)	EXTENSIBILIDAD (mm)		
		D1	D2	D Promedio
1	28,7	715,00	753,00	734,00
2	27,9	718,00	695,00	706,50
3	28,9	682,00	701,5	682,00
PROMEDIO	28,5	PROMEDIO		707,50

#### b) Ensayo de embudo V (EFNARC -CAC 2003)

##### 1. Objetivo

- El ensayo de embudo V descrito se utilizó para determinar la capacidad de relleno (fluidez).

##### 2. Equipos

- Embudo en V.
- Balde de 12 litros
- Pala de mano
- Cronómetro

##### 3. Procedimiento

- Se requirieron unos 12 litros de concreto para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal.
- Se Fijó de manera firme el embudo V sobre el suelo, luego se Humedeció las superficies interiores del embudo manteniendo la trampilla abierta para permitir el drenaje del agua

- Luego se procedió con el cierre la trampilla y se colocó un balde debajo para iniciar el ensayo.
- Se llenó completamente el embudo V con concreto sin compactarlo o presionarlo, sólo se niveló por acción del propio peso del concreto autocompactable.

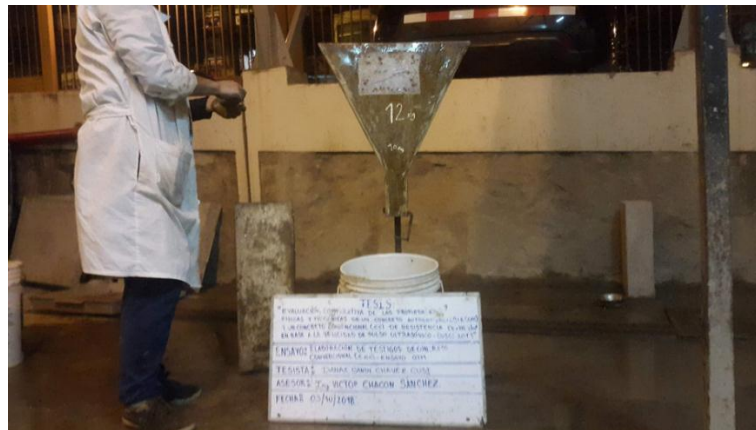


Figura 65: Llenado del embudo en V con CAC

- Se abrió la trampilla 10 segundos después del llenado y se permitió que el concreto salga por acción de su propio peso
- Se activó el cronómetro al mismo tiempo de abrir la trampilla y registramos el tiempo hasta que se completó la descarga (el tiempo de flujo). Se considera que se ha completado el ensayo cuando se ve la luz desde la parte superior a través del embudo.

4. Toma de datos

Tabla 47: Datos para el ensayo de embudo V

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)		
ENSAYO	TIEMPO DE FLUJO (s)	EFNARC (6 s -12 s)
1 - CAC	7,23	CUMPLE
2- CAC	8,45	CUMPLE
3- CAC	7,58	CUMPLE
PROMEDIO	7,75	CUMPLE

3.5.3.3.5 Ensayos para determinar la capacidad de paso (EFNARC-CAC 2003)

a) Ensayo de caja en U

1. Objetivo

- El ensayo se realiza para medir la capacidad de relleno del CAC

## 2. Equipos

- Caja en U de un material rígido no absorbente
- Pala
- Cronómetro

## 3. Procedimiento

- Se necesitó unos 20 litros de concreto para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal.
- Se colocó el aparato sobre terreno firme y uniforme; asegurándonos de que la compuerta deslizante puede verse con libertad y luego se pasó a cerrarla, humedezca las superficies interiores de la caja U y elimine el agua sobrante.
- Se llenó una sección de la caja U con la muestra de concreto y se procedió a reposar durante 1 minuto para luego elevar la compuerta deslizante y dejar que el concreto fluya hacia el otro compartimiento.



Figura 66: Llenado de la caja en u con concreto autocompactable

- Después de dejar reposar el concreto y se procedió a medir la altura del mismo en dos puntos en el compartimiento donde se depositó inicialmente el concreto, y calcule la medida (H1). De igual forma mida también la altura en el otro compartimiento (H2).
- Calcule  $H1 - H2$ , la altura de llenado.

## 4. Toma de datos



Tabla 48: Datos del ensayo de la caja en U del concreto autocompactable

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)				
# ENSAYO	ALTURA (cm)		ALTURA DE LLENADO	
	H1	H2	H1-H2 (cm)	EFNARC 0 cm- 3 cm
1	31,8	30,90	0,90	CUMPLE
2	29,1	28,9	0,20	CUMPLE
3	29,3	28,5	0,80	CUMPLE
PROMEDIO	PROMEDIO		0,63	CUMPLE

**b) Ensayo de la caja L (ENFARC -CAC 2003)**

**1. Objetivo**

- El ensayo evalúa la capacidad de fluir del concreto y también la medida en la que está sujeto a bloqueos por parte del armado.

**2. Equipos**

- Caja en L de un material rígido no absorbente
- Pala
- Cronómetro

**3. Procedimiento**

- Se colocó la caja L sobre terreno firme y uniforme; asegurándose que la compuerta deslizante puede moverse con libertad y luego ciérrrela, humedezca las superficies interiores del aparato y elimine el agua sobrante, llene la sección vertical del aparato con la muestra de concreto dejando reposar durante 1 minuto.



Figura 67: Llenado de la caja en L con CAC

- Se elevó la compuerta deslizante y dejó que el concreto fluya hacia la sección horizontal de manera paralela se activó el cronómetro y registramos los tiempos que requiere el concreto para alcanzar las marcas de 200 mm y 400 mm.





- Cuando el concreto dejó de fluir, procedimos a medir las distancias H1 y H2.
- Se calculó H2/H1, la relación de bloqueo.
- El ensayo ha de realizarse en menos de 5 minutos.

**4. Toma de datos**

Tabla 49: Datos del ensayo de caja en L del concreto autocompactable

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)				
# ENSAYO	ALTURA (cm)		RELACION DE BLOQUEO	EFNARC (0.8-1 cm)
	H1	H2	H2/H1( cm)	
CAC-1	13,5	13,0	0,96	CUMPLE
CAC-2	13,8	13,1	0,95	CUMPLE
CAC-3	15,2	14,8	0,97	CUMPLE
PROMEDIO			0,96	CUMPLE

**c) Ensayo de resistencia a la segregación o estabilidad de tamiz GTM (EFNARC-CAC 2003)**

**1. Objetivo**

- El ensayo ayuda evaluar la resistencia a la segregación del concreto.

**2. Equipos**

- Balde de 10 litros con tapa
- Tamiz de 4.75 mm (N° 4 ) con un diámetro de 350 mm (12")
- Fondo de tamiz
- Balanza, precisión de 20 g, capacidad mínima de 20 kg
- Cronómetro

**3. Procedimiento**

- Se requieren unos 10 litros de concreto para realizar el ensayo tomado de manera normal.
- Se colocó el concreto en un balde y dejarlo reposar durante 15 minutos cubierto con una tapa para impedir la evaporación.
- Luego determinamos la masa del fondo de tamiz vacío.



Figura 68: Peso del tamiz fondo

- Se supervisó la superficie de concreto por si hay agua de sangrado y anótelo.
- Se vierte dos litros superiores o aproximadamente  $4.8 \pm 0.2$  kg sólo de la muestra de concreto dentro de un contenedor de vertido.
- Finalmente determinamos la masa del contenedor de vertido lleno.
- Se vertió todo el concreto del contenedor de vertido en el tamiz desde una altura de 500 mm, en un movimiento continuado y uniforme.
- Pese el contenedor de vertido vacío (con el residuo de concreto que no pudo ser vertido)
- Calcule la masa del concreto vertido sobre el tamiz
- Permita que la fracción de mortero de la muestra fluya a través del tamiz en dirección al fondo de tamiz durante un período de 2 minutos.

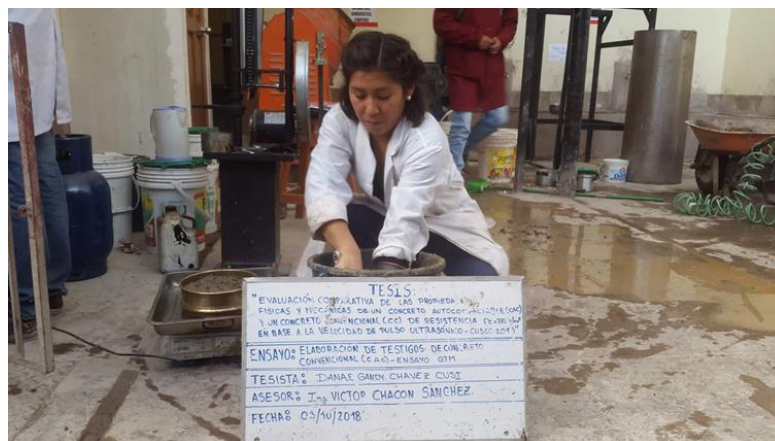


Figura 69: Vertido del concreto a un tamiz



Figura 70: Fluidez del concreto al fondo de TAM

- Quite el tamiz y determine la masa del fondo del tamiz “lleno”. Calcule la masa de la muestra que traspasa el tamiz Mb, restando la masa del fondo de tamiz vacío a la masa del recipiente de tamiz lleno.



Figura 71: Peso de fondo de tamiz lleno

- Calcule el porcentaje de la muestra que traspasa el tamiz, la relación de segregación es igual a:  $(Mb/Ma) \times 100$ .

4. Toma de datos

Tabla 50: Datos del ensayo de segregación del concreto autocompactable

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE							
# ENSAYO	CONTENED OR DE VERTIDO VACÍO (gr)	CONTENED OR DE VERTIDO	FONDO DE TAMIZ VACÍO (gr)	FONDO DE TAMIZ CON CONCRETO	Ma	Mb	SEGREGACIÓN (%)
	a	b	c	d	b-a	d-c	Mb/Ma
1	0.50	4,460	0,000	0,175	3,96	0,175	4%
2	0.50	4,872	0,000	0,191	4,37	0,191	4%
3	0.50	4,670	0,000	0,186	4,17	0,186	4%
PROMEDIO							4%

#### d) Ensayo de tiempo de fragua del concreto autocompactable

##### 1. Objetivo

- Determinar el tiempo de fraguado del concreto autocompactable mediante la aguja vicat.

##### 2. Equipos

- Aparato vicat
- Masa de referencia y dispositivos de determinación de masa
- Probetas graduadas
- Placa plana no absorbente
- Paleta plana
- Anillo cónico
- Mezcladora, tazón y paleta

##### 3. Procedimiento

- Moldeado de los especímenes. Tomar la pasta solitaria formando una masa esférica con guantes de goma, arrojando esta masa 6 veces de una mano a la otra, manteniendo estas separadas alrededor de 150 mm. Luego se introducirá la masa a presión por el anillo tronco – cónico, el otro extremo será sujeto y cubierto con la otra mano hasta llenar el molde completamente de la pasta.



Figura 72: Batido de la pasta

- Poner el anillo con el extremo mayor sobre una placa5 de material no absorbente enrazando el excedente del extremo superior con una sola pasada de la espátula colocando en forma oblicua. Alisar la superficie con uno o dos toques ligeros de espátula.

- Después del moldeo, colocar el espécimen en la cámara o cuarto húmedo y dejarlo reposar allí, salvo cuando se realicen las determinaciones del tiempo de fraguado. El espécimen deberá permanecer en el molde cónico sobre la base no absorbente durante toda la prueba.
- Determinar el tiempo de fraguado: Mantener la probeta en la cámara húmeda, durante 30 minutos después del moldeo. Determinar la penetración de la aguja vicat de 1 mm en ese momento y luego cada 15 minutos hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menos.
- Realizar el ensayo de penetración, bajando la aguja de la barra hasta que descansa sobre la pasta de cemento. Apretar el tornillo fijador en el extremo superior de la escala o hacer una lectura inicial. Soltar la barra rápidamente aflojando el tornillo fijador y dejar que la aguja se asiente durante 30 segundos, luego de tomar lectura para determinar la penetración, para determinar el tiempo de fraguado, suelte la varilla por el tornillo de fijación.



*Figura 73:* Ensayo de aguja vicat

- El tiempo de fraguado será la primera medición de la penetración que no deje marca visible en la superficie de la pasta con una impresión circular completa. Se verifica el tiempo final mediante la realización de dos mediciones de penetración adicionales en diferentes áreas de superficies de la mezcla.



#### 4. Toma de datos

Tabla 51: Datos del ensayo tiempo de fragua

Concreto autocompactable	
Tiempo	Penetracion
min	mm
0	40
60	40
120	40
180	38,5
240	35,5
270	33,5
300	30
330	27,5
380	20
400	15,5
420	10
440	5
460	2
480	1
495	0

#### 3.5.3.3.6 Elaboración de concreto y concreto autocompactable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

##### a) Elaboración de la mezcla de concreto simple (CS) $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

###### 1. Objetivo

- Es diseñar un concreto de resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  que cumplan con los parámetros de la NTP.

###### 2. Equipos

- Mezcladora
- Bandejas metálicas
- Espátula
- Cucharon metálico
- Cono de Abrams
- Varilla metálica lisa de 5/8"
- Probeta de plástico.

###### 3. Procedimiento

- Se verificó que los EPPIS usados estén es buen funcionamiento.
- Se pesaron todos los materiales a ser utilizados según el diseño de mezcla elaborado con anterioridad.





Figura 74: Pesado de todos los materiales a ser utilizados



Figura 75: Muestras de concreto simple

- Se verificó que la mezcladora este en correcto estado de funcionamiento para proceso de elaboración del concreto.
- Se procedió a saturar la mezcladora con agua potable para que esta no pueda absorber el agua durante del proceso de mezclado y se desecha el agua excedente de la saturación.



Figura 76: Verificación del estado de la mezcladora

- Una vez encendida la máquina se introdujeron los agregados pesados y luego el cemento e inmediatamente después se suministró el agua de forma constante evitando la formación de grumos dentro de la mezcladora.



Figura 77: Introducción de agregados pesados a la mezcladora

- El mezclado del concreto será de 3 a 4 minutos como máximo verificando que el concreto esté de forma uniforme y consistencia pastosa antes de parar el proceso de mezclado.
- **Verificación del revenimiento del concreto simple o slump  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

### 1. Objetivo

- Verificar que el concreto cumpla con los parámetros establecidos de acuerdo al diseño de mezcla y las NTP.

### 2. Equipos

- Bandejas metálicas
- Cucharón metálico
- Cono de Abrams
- Varilla metálica lisa de 5/8"
- Regla metálica

### 3. Procedimiento

- Una vez detenido el mezclado del concreto procedimos a realizar la verificación del revenimiento con el cono de Abrams.
- Primero se saturó el cono de Abrams para evitar que este absorba el agua de la mezcla durante el ensayo.

- Se colocó el cono dentro de una bandeja metálica, y con ayuda de nuestros pies se pisan presionamos patas del mismo y evitar que se mueva para luego empezar con el llenado de concreto hasta un tercio de su capacidad e inmediatamente después se empieza a compactar el concreto dentro del cono con 25 golpes repartidos de manera uniforme con ayuda de una varilla metálica lisa de 5/8”.



Figura 78: Llenado del cono dentro de una bandeja metálica

- Se vuelve a llenar el cono hasta sus 2/3 partes y se vuelve a compactar sin que la punta de la varilla llegue a la base del cono.
- Se llena la última parte del cono de Abrams hasta que su límite y se realiza el último compactado con 25 golpes de manera uniforme.
- Luego se procedió a enrasar la parte superior del cono de con ayuda de la varilla lisa de 5/8” hasta obtener una superficie uniforme.
- Levantamos el molde sujetándolo por las asas soldadas y seguidamente se coloca el cono de forma invertida al costado de la muestra de concreto ensayado.
- Colocamos la varilla encima del cono y con ayuda de una wincha metálica se midieron y anotaron los datos obtenidos el descenso de la mezcla y así obtener el revenimiento del concreto simple.



Figura 79: Revenimiento del concreto simple  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

#### 4. Toma de datos

Tabla 52: *Revenimiento del concreto simple  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* 

N°	TANDAS DE CONCRETO SIMPLE ( CS)				
	TIPO DE CONCRETO	SLUMP (cm)		PROM. (cm)	PROM. (pulg)
		1° LECT.	2° LECT.		
1	CONCRETO SIMPLE (CS) $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	8.8	9.0	8.9	3.50
2	CONCRETO SIMPLE (CS) $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	8.8	9.8	9.3	3.66
3	CONCRETO SIMPLE (CS) $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	8.5	8.3	8.4	3.31
PROMEDIO					3.49

#### b) Moldeado y desmoldado de probetas cilíndricas de concreto simple y concreto autocompactable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

##### • Moldeado de probetas cilíndricas de concreto simple $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

#### 1. Objetivo

- El objetivo es realizar testigos de concreto simple (CS) para evaluar la resistencia alcanzada en función a la edad en días.

#### 2. Equipos

- Bandejas metálicas
- Espátula
- Cucharon metálico
- Maso de goma
- Varilla metálica lisa
- Probetas de PVC de 10 x 20 cm.

#### 3. Procedimiento

- Terminado el ensayo de verificación del revenimiento del concreto se procedió al moldeado, para esta investigación se usaron probetas de PVC de 10 cm. de diámetro y 20 cm. de altura.
- Primero cada molde utilizado fue lavado y una vez seco se impermeabilizó interiormente con una capa de petróleo para evitar que el concreto se adhiriera a la probeta de PVC.





Figura 80: Moldeado de probetas cilíndricas de concreto simple

- Luego se procedió al llenado del concreto hasta un 1/3 de su capacidad y con ayuda de la barra metálica lisa procedimos al compactado del concreto con 25 golpes de manera uniforme alrededor de toda el área que ocupa el concreto, luego con ayuda de un mazo de goma se dieron 10 golpes exteriores alrededor de la probeta de PVC.



Figura 81: Compactado del concreto con 25 golpes

- Se repitió el paso anterior 2 veces más, hasta llenar la capacidad total de la probeta de PVC y seguidamente se procede al enrasado de la misma con ayuda de la espátula comprobando que la superficie sea lo más uniforme y nivelado posible.



Figura 82: Llenado de la última capa de concreto en la probeta de PVC

- Al culminar con el moldeado de todas las probetas se guardaron en lugar seco para la etapa de fraguado, donde no pueda alterar otros factores como el agua o suciedad.



Figura 83: Moldeado de probetas cilíndricas de concreto autocompactable

- Al día siguiente del vaciado luego de 24 horas aproximadamente se procedió a desmoldar los testigos procurando que estos no sean dañados usamos el método de desmoldar cada probeta con agua caliente y evitar que sufran algún tipo de fisura mientro finalmente inicio el proceso de curado en la poza por 28 días.



Figura 84: Culminación del moldeado de una tanda de concreto



- **Moldeado de probetas cilíndricas de concreto autocompactable  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

**1. Objetivo**

- El objetivo es realizar testigos de concreto autocompactable (CAC) para evaluar la resistencia alcanzada en función a la edad en días.

**2. Equipos**

- Bandejas metálicas
- Espátula
- Cucharon metálico
- Maso de goma
- Varilla metálica lisa
- Probetas de PVC de 10 x 20 cm.

**3. Procedimiento**

- Terminado el ensayo de verificación del revenimiento del concreto se procedió al moldeado, para esta investigación se usaron probetas de PVC de 10 cm. de diámetro y 20 cm. de altura.
- Primero cada molde utilizado fue lavado y una vez seco se impermeabilizo interiormente con una capa de petróleo para evitar que el concreto se adhiriera a la probeta de PVC.



Figura 85: Moldeado de probetas cilíndricas de concreto autocompactable

- Luego se procedió al llenado del concreto autocompactable hasta llenar la capacidad total de la probeta de PVC y seguidamente se procede al enrasado de la misma con ayuda de la espátula comprobando que la superficie sea lo más uniforme y nivelado posible en el área que ocupa el concreto, luego con ayuda de un mazo de goma se dieron 10 golpes exteriores alrededor de la probeta de PVC.

- Al culminar con el moldeado de todas las probetas se guardaron en lugar seco para la etapa de fraguado, donde no pueda alterar otros factores como el agua o suciedad.



Figura 86: Finalización del moldeado de probeta

- Al día siguiente del vaciado luego de 24 horas aproximadamente se procedió a desmoldar los testigos procurando que estos no sean dañados usamos el método de desmoldar cada probeta con agua caliente y evitar que sufran algún tipo de fisura mientro finalmente inicio el proceso de curado en la poza por 28 días.



Figura 87: Desmoldado de testigos

**c) Curado de probetas cilíndricas de concreto simple y concreto autocompactable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

**1. Objetivo**

- La curación de las probetas cilíndricas de concreto para la presente investigación fue realizada bajo la NTP. 339.033. De acuerdo a los parámetros de la norma el procedimiento para el curado fue el siguiente.

**2. Equipos**

- Poza de agua de una altura suficiente para el almacenamiento de las probetas
- Probetas cilíndricas de concreto

**3. Procedimiento**

- Una vez desmoldadas las probetas cilíndricas de concreto y concreto autocompactable se procedió a marcar cada una de las mismas con la ayuda de un corrector para poder identificar cada una de ella, a que fecha y tipo de concreto corresponden.



*Figura 88: Marcado de probetas de CS y CAC*

- Una vez marcadas todas las probetas fueron trasladadas a la poza sin dañar su superficie.
- Las probetas cilíndricas fueron sumergidas en su totalidad dentro de la poza llena de agua e iniciaron su proceso de curado hasta los 28 días.

**d) Determinación de toma de datos para la densidad de probetas cilíndricas de concreto simple y concreto autocompactable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

### 1. Objetivo

- Determinar la densidad de las unidades de probetas cilíndricas de concreto simple (CS) y concreto autocompactable (CAC) para la presente investigación fue realizada bajo la NTP. 339.033. De acuerdo a los parámetros de la norma el procedimiento determinar la densidad por medio del peso y volumen de las unidades de concreto.

### 2. Equipos

- Balanza
- Probetas cilíndricas de concreto
- Vernier

### 3. Procedimiento

- Una vez desmoldadas las probetas cilíndricas de concreto y concreto autocompactable se procedió a marcar cada una de las mismas con la ayuda de un corrector para poder identificar cada una de ella, a que fecha y tipo de concreto corresponden.



Figura 89: Marcado de probetas de CS y CAC

- Luego se procedió al pesado de cada unidad de briqueta de cada grupo de concreto simple (CS) y concreto autocompactable (CAC).
- Luego procedimos a medir los diámetros superiores e inferiores de de cada briqueta , así como la altura para poder hallar el volumen y finalmente hallar la densidad.

### 1. Toma de datos



- **Del concreto simple (CS)**

Tabla 53: Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto simple 1-15

TIPO DE CONCRETO		Concreto Simple (CS)							
Nº	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros			Alturas	
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)
1	CS- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10.05	10.10	10.07	20.9	20.9
2	CS- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10.12	10.08	10.12	20.9	20.9
3	CS- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10.08	10.02	10.05	20.8	20.9
4	CS- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10.08	10.04	10.1	20.7	20.7
5	CS- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10.10	10.10	10.06	20.8	20.9
6	CS- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10.09	10.10	10.08	20.5	20.6
7	CS- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10.03	10.11	10.12	20.6	20.7
8	CS- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10.05	10.08	10.09	20.8	20.9
9	CS- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10.12	10.13	10.09	20.9	20.9
10	CS- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10.11	10.08	10.12	20.9	20.7
11	CS- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10.12	10.10	10.12	20.8	20.7
12	CS- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10.09	10.19	10.1	20.7	20.8
13	CS- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10.13	10.10	10.12	20.9	20.8
14	CS- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10.03	10.05	10.13	20.8	20.8
15	CS- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10.08	10.05	10.1	20.8	20.8

Tabla 54: Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto simple 16-30

TIPO DE CONCRETO		Concreto Simple (CS)							
Nº	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros			Alturas	
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)
1	CS- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10.10	10.25	10.15	20.90	20.86
2	CS- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10.12	10.05	10.11	20.90	20.87
3	CS- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10.10	10.12	10.16	20.90	20.86
4	CS- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10.16	10.12	10.15	20.80	20.83
5	CS- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10.15	10.05	10.12	20.75	20.73
6	CS- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10.10	10.15	10.10	20.90	20.88
7	CS- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10.19	10.13	10.04	20.80	20.81
8	CS- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10.10	10.09	10.15	21.30	20.00
9	CS- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10.15	10.15	10.05	21.20	20.90
10	CS- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10.09	10.07	10.08	21.00	21.90
11	CS- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10.16	10.18	10.12	20.90	20.90
12	CS- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10.15	10.08	10.13	20.90	20.90
13	CS- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10.12	10.13	10.05	20.95	20.96
14	CS- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10.15	10.20	10.16	20.97	21.00
15	CS- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10.15	10.06	10.18	20.97	21.00

- **Del concreto autocompactable (CAC)**

Tabla 55: Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto autocompactable. 1-15

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)							
Nº	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Alturas de brique ta	
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)
1	cac- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10.05	10.10	10.07	20.9	20.9
2	cac- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10.12	10.08	10.12	20.9	20.9
3	cac- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10.08	10.02	10.05	20.8	20.9
4	cac- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10.08	10.04	10.1	20.7	20.7
5	cac- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10.10	10.10	10.06	20.8	20.9
6	cac- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10.09	10.10	10.08	20.5	20.6
7	cac- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10.03	10.11	10.08	20.6	20.7
8	cac- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10.05	10.05	10.09	20.8	20.9
9	cac- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10.05	10.13	10.09	20.9	20.9
10	cac- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10.11	10.08	10.12	20.9	20.7
11	cac- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10.12	10.07	10.12	20.8	20.7
12	cac- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10.09	10.29	10.1	20.7	20.8
13	cac- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10.13	10.10	10.15	20.9	20.8
14	cac- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10.03	10.05	10.13	20.8	20.8
15	cac- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10.08	10.05	10.1	20.8	20.8

Tabla 56: Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto autocompactable 16-30.

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)							
Nº	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros			Alturas	
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)
1	cac- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10.12	10.13	10.05	20.90	20.86
2	cac- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10.12	10.06	10.10	20.90	20.87
3	cac- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10.10	10.02	10.06	20.90	20.86
4	cac- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10.06	10.10	10.15	20.80	20.83
5	cac- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10.05	10.15	10.16	20.75	20.73
6	cac- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10.12	10.30	10.10	20.90	20.88
7	cac- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10.09	10.23	10.14	20.80	20.81
8	cac- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10.08	10.25	10.15	21.30	20.00
9	cac- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10.12	10.35	10.15	21.20	20.90
10	cac- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10.05	10.30	10.15	21.00	21.90
11	cac- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10.10	10.28	10.26	20.90	20.90
12	cac- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10.08	10.28	10.30	20.90	20.90
13	cac- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10.06	10.23	10.25	20.95	20.96
14	cac- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10.05	10.16	10.20	20.97	21.00
15	cac- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10.12	10.26	10.08	20.97	21.00





e) **Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto simple y concreto autocompactable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (ASTM C39 -NTP 339.034)**

• **Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto simple  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

**1. Objetivo**

- Es determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de concreto simple

**2. Equipos**

- Equipo de compresión axial
- Probetas cilíndricas de concreto
- Regla metálica
- Vernier

**3. Procedimiento**

- El ensayo de compresión de muestras curadas en agua debe hacerse luego de que estas han sido removidas del lugar de curado
- La muestra se debe mantener húmeda utilizando cualquier método conveniente, durante el periodo transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando es ensayada. Debe ensayarse en condición húmeda.
- Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias permisibles indicadas a continuación.

Tabla 57: *Datos de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto*

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24	$\pm 0.5$ horas a 2.1 %
3	2 horas a 2.8 %
7	6 horas a 3.1 %
28	20 horas a 3.0 %
90	2 días a 2.2 %

- Con ayuda de la regla metálica y el vernier se hizo la medición de los diámetros superior e inferior de cada una de las probetas, así como también la altura de la misma, anotando los respectivos valores en la hoja de instrumentos de laboratorio.

- Posteriormente de peso cada muestra cilíndrica y se anotó cada dato en la hoja de instrumentos.



*Figura 90:* Pesado de las muestras cilíndricas

- Seguidamente se encendió la máquina de compresión axial y se configuró el tipo de ensayo a realizar, las dimensiones de la probeta y la velocidad de la carga a la que fue sometida.
- Se limpió la superficie de los soportes de la máquina de compresión axial, así como también los neoprenos y los bloques metálicos de carga inferior dentro de los cuales se procedieron a colocar cada una de las probetas cilíndricas de concreto procedimos a poner debajo del bloque superior.
- Se colocó y alineó la probeta al eje de la base inferior de la máquina de compresión axial, se cerró la compuerta de la máquina y se dio inicio al ensayo con la aplicación de la fuerza
- El ensayo culmina cuando empieza el declive de la resistencia de la probeta luego se anotaron los valores de la fuerza aplicada en kg. durante el ensayo y la resistencia que se obtuvo de cada probeta para el análisis de datos en gabinete.



*Figura 91:* Maquina compresora



*Figura 92:* Rotura de probeta cilíndrica de concreto

4. Toma de datos

Tabla 58: Ensayo de resistencia a compresión de briquetas de concreto simple

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)														
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	Area de la sección (m2)	Longitud de brique ta		Promedio de longitudes(m)	L/D factor	Volumen (cm3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)			H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CS- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,10	10,07	0,10073	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	0,00167	19679,51682	246,93244
2	CS- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,08	10,12	0,10107	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	0,00168	22124,49925	275,78312
3	CS- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,02	10,05	0,10050	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	0,00165	21330,52627	268,89304
4	CS- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,04	10,1	0,10073	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	0,00165	20700,68091	259,74568
5	CS- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,10	10,10	10,06	0,10087	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	0,00167	21555,85918	269,76159
6	CS- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,10	10,08	0,10090	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	0,00164	21560,41357	269,64034
7	CS- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,11	10,12	0,10087	0,00799	20,600	20,700	0,20650	2,04726	0,00165	20146,62935	252,12573
8	CS- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,08	10,09	0,10073	0,00797	20,800	20,900	0,20850	2,06982	0,00166	22530,98472	282,71176
9	CS- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,13	10,09	0,10113	0,00803	20,900	20,900	0,20900	2,06658	0,00168	22010,64473	274,00232
10	CS- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,11	10,08	10,12	0,10103	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	0,00167	21834,97422	272,35380
11	CS- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,10	10,12	0,10113	0,00803	20,800	20,700	0,20750	2,05175	0,00167	21027,20044	261,75979
12	CS- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,19	10,1	0,10127	0,00805	20,700	20,800	0,20750	2,04905	0,00167	21906,68151	271,99047
13	CS- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,13	10,10	10,12	0,10117	0,00804	20,900	20,800	0,20850	2,06096	0,00168	21267,85626	264,58118
14	CS- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,05	10,13	0,10070	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	0,00166	21269,68451	267,06208
15	CS- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,05	10,1	0,10077	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	0,00166	21846,62489	273,94330

Tabla 59: Ensayo de resistencia a compresión de briquetas de concreto simple

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)														
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	Area de la sección (m2)	Longitud de brique ta		Promedio de Longitudes(m)	L/D factor	Volumen (m3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)			H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CS- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,25	10,15	0,10	0,00812	20,90	20,86	0,2088	2,05	0,00169	19600,51682	241,45
2	CS- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,05	10,11	0,10	0,00800	20,90	20,87	0,20885	2,07	0,00167	22324,49925	279,01
3	CS- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,12	10,16	0,10	0,00805	20,90	20,86	0,2088	2,06	0,00168	21550,52627	267,57
4	CS- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,12	10,15	0,10	0,00808	20,80	20,83	0,20815	2,05	0,00168	21200,68091	262,36
5	CS- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,05	10,12	0,10	0,00802	20,75	20,73	0,2074	2,05	0,00166	21555,85918	268,69
6	CS- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,15	10,10	0,10	0,00804	20,90	20,88	0,2089	2,06	0,00168	21560,41357	268,22
7	CS- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,19	10,13	10,04	0,10	0,00804	20,80	20,81	0,20805	2,06	0,00167	20146,62935	250,47
8	CS- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,09	10,15	0,10	0,00803	21,30	20,00	0,2065	2,04	0,00166	21830,98472	271,77
9	CS- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,15	10,05	0,10	0,00804	21,20	20,90	0,2105	2,08	0,00169	22010,64473	273,82
10	CS- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,09	10,07	10,08	0,10	0,00798	21,00	21,90	0,2145	2,13	0,00171	21434,97422	268,60
11	CS- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,18	10,12	0,10	0,00810	20,90	20,90	0,209	2,06	0,00169	22481,20044	277,66
12	CS- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,08	10,13	0,10	0,00804	20,90	20,90	0,209	2,07	0,00168	21426,68151	266,38
13	CS- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,13	10,05	0,10	0,00801	20,95	20,96	0,20955	2,07	0,00168	21267,85626	265,46
14	CS- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,20	10,16	0,10	0,00812	20,97	21,00	0,20985	2,06	0,00170	22369,68451	275,38
15	CS- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,06	10,18	0,10	0,00806	20,97	21,00	0,20985	2,07	0,00169	21281,62489	264,06

- Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto autocompactable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

1. Objetivo

- Es determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de concreto autocompactable

2. Equipos

- Equipo de compresión axial
- Probetas cilíndricas de concreto
- Regla metálica
- Vernier

### 3. Procedimiento

- El ensayo de compresión de muestras curadas en agua debe hacerse luego de que estas han sido removidas del lugar de curado
- La muestra se debe mantener húmeda utilizando cualquier método conveniente, durante el periodo transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando es ensayada. Debe ensayarse en condición húmeda.
- Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias permisibles indicadas a continuación.

Tabla 60: *Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto autocompactable*

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24	± 0.5 horas a 2.1 %
3	2 horas a 2.8 %
7	6 horas a 3.1 %
28	20 horas a 3.0 %
90	2 días a 2.2 %

- Con ayuda de la regla metálica y el vernier se hizo la medición de los diámetros superior e inferior de cada una de las probetas, así como también la altura de la misma, anotando los respectivos valores en la hoja de instrumentos de laboratorio.
- Posteriormente se pesó cada muestra cilíndrica y se anotó cada dato en la hoja de instrumentos.
- Seguidamente se encendió la máquina de compresión axial y se configuró el tipo de ensayo a realizar, las dimensiones de la probeta y la velocidad de la carga a la que fue sometida.
- Se limpió la superficie de los soportes de la máquina de compresión axial, así como también los neoprenos y los bloques metálicos de carga inferior dentro de los cuales se procedieron a colocar cada una de las probetas cilíndricas de concreto procedimos a poner debajo del bloque superior.





*Figura 93:* Colocado de las probetas cilíndricas en la máquina de compresión

- Se colocó y alineó la probeta al eje de la base inferior de la máquina de compresión axial, se cerró la compuerta de la máquina y se dio inicio al ensayo con la aplicación de la fuerza
- El ensayo culmina cuando empieza el declive de la resistencia de la probeta luego se anotaron los valores de la fuerza aplicada en kg. durante el ensayo y la resistencia que se obtuvo de cada probeta para el análisis de datos en gabinete.



*Figura 94:* Probeta de concreto a ser ensayada en la máquina de compresión axial



*Figura 95:* Rotura de probeta cilíndrica de concreto



4. Toma de datos

Tabla 61: *Ensayo de resistencia a compresión de briquetas de concreto autocompactable.*

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)															
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros( m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección promedio(m2)	Longitud de brique ta		Promedio de longitud(m)	L/D factor	Volumen (m3)	maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CAC- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,100	10,070	0,10073	1,00000	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	0,00167	27047,214	339,38000
2	CAC- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,080	10,120	0,10107	1,00000	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	0,00168	23660,400	294,92821
3	CAC- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,020	10,050	0,10050	1,00000	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	0,00165	27030,214	340,74342
4	CAC- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,040	10,100	0,10073	1,00000	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	0,00165	26330,210	330,38326
5	CAC- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,100	10,100	10,060	0,10087	1,00000	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	0,00167	26560,215	332,38879
6	CAC- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,100	10,080	0,10090	1,00000	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	0,00164	28860,214	360,93362
7	CAC- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,110	10,080	0,10073	1,00000	0,00797	20,600	20,700	0,20650	2,04997	0,00165	28840,214	361,87800
8	CAC- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,050	10,090	0,10063	1,00000	0,00795	20,800	20,900	0,20850	2,07188	0,00166	26810,214	337,07511
9	CAC- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,130	10,090	0,10090	1,00000	0,00800	20,900	20,900	0,20900	2,07136	0,00167	24420,214	305,40578
10	CAC- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,110	10,080	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	0,00167	28190,214	351,62450
11	CAC- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,070	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,800	20,700	0,20750	2,05378	0,00166	30950,214	386,05076
12	CAC- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,290	10,100	0,10160	1,00000	0,00811	20,700	20,800	0,20750	2,04232	0,00168	25710,214	317,12348
13	CAC- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,130	10,100	10,150	0,10127	1,00000	0,00805	20,900	20,800	0,20850	2,05892	0,00168	24950,214	309,77857
14	CAC- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,050	10,130	0,10070	1,00000	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	0,00166	29070,214	365,00550
15	CAC- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,050	10,100	0,10077	1,00000	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	0,00166	28770,214	360,76087



Tabla 62: Ensayo de resistencia a compresión de briquetas de concreto autocompactable.

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)															
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	Longitud de brique ta		Promedio de Longitud(m)	L/D factor	Volumen (m3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CAC- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,1300	10,0500	0,1010	1,0000	0,0080	20,9000	20,8600	0,2088	2,0673	0,0017	25404,7646	317,0900
2	CAC- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,0600	10,1000	0,1009	1,0000	0,0080	20,9000	20,8700	0,2089	2,0692	0,0017	23953,4124	299,3700
3	CAC- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,0200	10,0600	0,1006	1,0000	0,0079	20,9000	20,8600	0,2088	2,0755	0,0017	27757,7942	349,2200
4	CAC- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,1000	10,1500	0,1010	1,0000	0,0080	20,8000	20,8300	0,2082	2,0602	0,0017	26498,2375	330,5200
5	CAC- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1500	10,1600	0,1012	1,0000	0,0080	20,7500	20,7300	0,2074	2,0494	0,0017	30674,2997	381,3500
6	CAC- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3000	10,1000	0,1017	1,0000	0,0081	20,9000	20,8800	0,2089	2,0534	0,0017	27226,7882	334,9500
7	CAC- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0900	10,2300	10,1400	0,1015	1,0000	0,0081	20,8000	20,8100	0,2081	2,0491	0,0017	28599,9156	353,2300
8	CAC- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2500	10,1500	0,1016	1,0000	0,0081	21,3000	20,0000	0,2065	2,0325	0,0017	29332,2825	361,8000
9	CAC- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3500	10,1500	0,1021	1,0000	0,0082	21,2000	20,9000	0,2105	2,0624	0,0017	28136,1495	343,8800
10	CAC- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,3000	10,1500	0,1017	1,0000	0,0081	21,0000	21,9000	0,2145	2,1098	0,0017	28982,7504	357,0200
11	CAC- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,2800	10,2600	0,1021	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0463	0,0017	27285,6517	333,0500
12	CAC- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2800	10,3000	0,1022	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0450	0,0017	28450,8867	346,8200
13	CAC- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,2300	10,2500	0,1018	1,0000	0,0081	20,9500	20,9600	0,2096	2,0584	0,0017	28772,3183	353,5000
14	CAC- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1600	10,2000	0,1014	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0702	0,0017	30182,2641	374,0000
15	CAC- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,2600	10,0800	0,1015	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0668	0,0017	21182,5437	261,6200



**f) Ensayo de resistencias de probetas cilíndricas de concreto simple y concreto autocompactable  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en función a la velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597)**

**1. Objetivo**

- Este método se puede usar principalmente para pruebas de control de calidad e inspección in situ en estructuras de concreto y para la determinación de resistencias. Este método como ensayo no destructivo resulta útil por su simplicidad, versatilidad y repetibilidad.

**2. Equipos**

- 2 transductores de velocidad de pulso
- pantalla táctil pandit
- batería
- 2 cables BNC de 1.5 m
- Acoplador
- Varilla de calibración
- Cable adaptador BNC
- Cable USB
- DVD con software
- Gel de ultrasonido

**3. Procedimiento**

- Se tiene que tener en cuenta los siguientes criterios para la selección de puntos de evaluación en probetas:
- Antes de realizar el ensayo es necesario realizar un reconocimiento visual de los puntos que se van a evaluar, con el fin de evaluar la rugosidad de la superficie, presencia de huecos, fisuras u otras características que afecten la prueba.
- Como la superficie es rugosa fue necesario lijarla y nivelarla, con el fin de evitar que los transductores obtengan una señal defectuosa.



*Figura 96: Lijado y nivelado de la superficie rugosa*

- Luego con ayuda de un plumos procedimos al marcado de secciones donde se ubicaron los transductores siendo un área de 2cm\*2 cm y así obtener datos más confiables.



*Figura 97: Marcado de probetas con plumón*

- Primero pasamos al armado de equipo y sus accesorios, para luego encenderlo y calibrar el equipo pl-200 con ayuda de los transductores y la barra calibradora por medio de una medición directa hasta que el tiempo de tránsito se muestre estable y en la pantalla del pl-200 nos aparecerá puesta cero satisfactoria.
- “tiempo cero” En la misma operación de control de funcionamiento se realizó el ajuste al cero de referencia, esto sucede cuando el tiempo de tránsito mostrado coincide con el valor marcado en la barra calibradora.





Figura 98: Puesta a cero con la barra calibradora

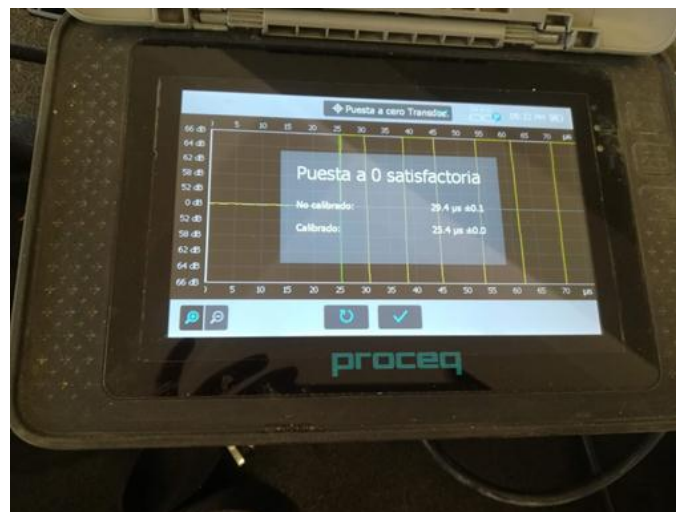


Figura 99: Equipo calibrado satisfactoriamente

- Durante operación continua del instrumento se verifica el ajuste a “tiempo cero”, primordialmente cada vez que el transductor y/o cables de conexión se cambien.



Figura 100: Aplicación de los transductores a la briqueta

- Se determinó del tiempo de transmisión, velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a la compresión por medio de la medición directa. Para realizar el ensayo en probetas

cilíndricas se aseguró cumplir con las indicaciones anteriores y nos aseguramos de usar suficiente cantidad del gel de ultrasonido (agente de acoplamiento) y luego ubique los transductores directamente opuestos entre sí en las caras del espécimen de evaluación.

- Luego procedemos a poner aceptar en la pantalla del pl-200 y automáticamente se registrará los datos en el equipo como es el tiempo de transmisión, velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a la compresión.



*Figura 101:* Echado de gel y toma de datos con el pundit

- Se repite este proceso para cada briqueta y se toma un aproximado de 10 datos por cada ensayo de briqueta para tener datos más confiables. Es conveniente repetir las mediciones en el punto de evaluación, estas deben hacerse en el mismo lugar para reducir al mínimo las lecturas erróneas debido a acoplamientos pobres o poca cantidad del gel de acoplamiento.



*Figura 102:* Toma de datos con el equipo pundit

- Finalmente se guardan todos los datos en el equipo asegurándonos que estén con la fecha actualizada y nombre de cada briqueta. luego exportamos los datos con ayuda del programa pl link a un Excel y realizar el análisis de datos en gabinete.
- Finalmente, la velocidad de pulso ultrasónico (V) se calcula dividiendo la longitud de camino (L) entre el tiempo de tránsito del pulso ultrasónico (T).



Figura 103: Verificación del dictaminante de toma de datos con el equipo Pundit

#### 4. Toma de datos

- Se adjuntaron en el apéndice por ser muy extenso.
- g) **Ensayo de uniformidad de concreto de probetas cilíndricas de concreto simple  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable en función a la velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597)**

##### 1. Objetivo

- El ensayo de uniformidad de concreto mide la calidad de los concreto por métodos de mediciones múltiples en función de la exploración de por líneas y exploración de área.

##### 2. Equipos

- 2 transductores de velocidad de pulso
- pantalla táctil pandit
- batería
- 2 cables BNC de 1.5 m
- Acoplador
- Varilla de calibración
- Cable adaptador BNC
- Cable USB

- Gel de ultrasonido
- Briquetas

### 3. Procedimiento

- El primer paso es el encendido del equipo y nos aparece el menú principal del equipo donde figura como se muestra en la imagen:

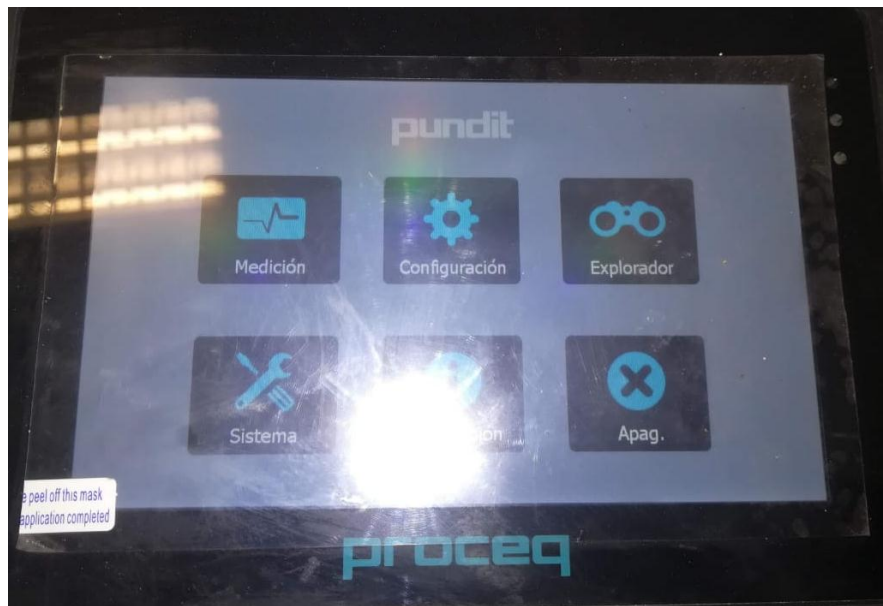


Figura 104: Pantalla de inicio del PL-200

- Presionamos en el icono medición.
- Luego presionamos en el icono exploración por líneas.
- **Exploración por líneas:**
  - Primero procedemos a introducir la distancia entre cada lectura (entre transductor y transductor)
  - Luego introducimos la distancia entre transductores si conocemos la distancia, en caso de no conocer la distancia entre transductores o espesor de la briqueta, primero damos lectura con el equipo el dato de distancia.
  - Procedemos posicionar los transductores en la primera área donde sea realiza el inicio de lectura y presionamos el icono de inicio en la pantalla del equipo.
  - Luego presionamos el icono de instantánea registramos la primera lectura , así por el modo de selección de tipo de medición ;las lecturas se realizaran de manera automática apenas volvamos hacer contacto entre los transductores y el espécimen.

- Finalmente, al culminar con la lectura de toda el área a ensayar pulsamos el icono de guardar y si se desea poner algún comentario se pueden adicionar en este paso y finalmente pulsar el icono de guardar serie actual, luego se procede a realizar la nueva lectura.
- **Exploración de área:**
  - Primero procedemos a introducir la distancia entre cada lectura (entre transductor y transductor)
  - Luego introducimos la distancia entre transductores si conocemos la distancia, en caso de no conocer la distancia entre transductores o espesor de la briqueta, primero damos lectura con el equipo el dato de distancia.
  - Procedemos posicionar los transductores en la primera área donde sea realiza el inicio de lectura y presionamos el icono de inicio en la pantalla del equipo.
  - Luego presionamos el icono de instantánea registramos la primera lectura , así por el modo de selección de tipo de medición ;las lecturas se realizaran de manera automática apenas volvamos hacer contacto entre los transductores y el espécimen.

#### 4. Toma de datos

##### a) Toma de datos del concreto simple (CS) de $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.

- **Exploración por líneas:**



Figura 105: Resultados de exploración por línea concreto simple



- **Exploración de área:**



Figura 106: Resultados de exploración por área concreto simple.

- b) Toma de datos del concreto autocompactable (CAC).**

- **Exploración por líneas:**

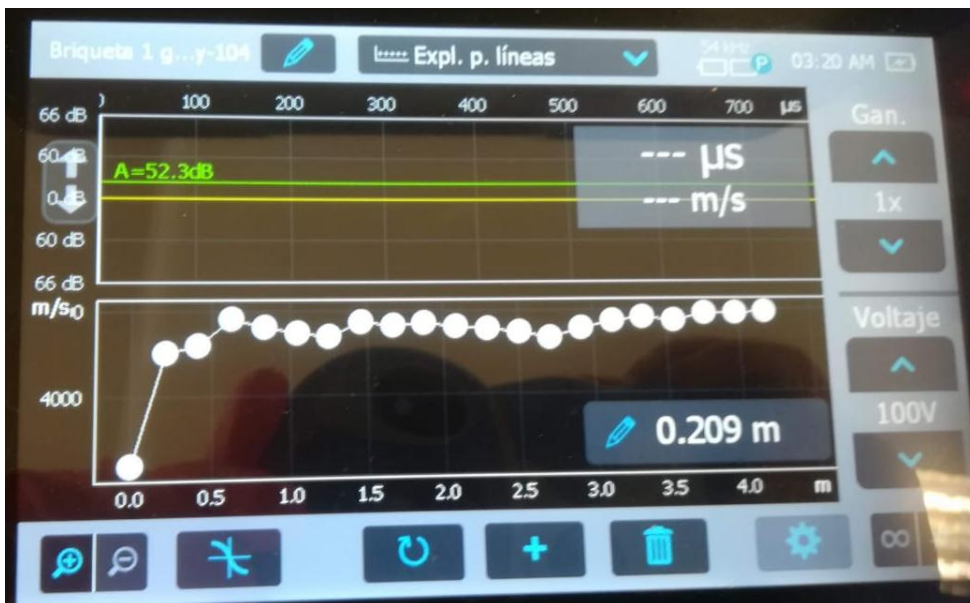


Figura 107: Resultados de exploración por línea concreto autocompactable.

- **Exploración de área:**



Figura 108: Resultados de exploración por área concreto autocompactable.

**h) Ensayo de clasificación de la calidad de concreto simple de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable en función a la velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597)**

**1. Objetivo**

- El ensayo de clasificación de la calidad del concreto simple y concreto autocompactable tiene como objetivo clasificar la calidad de los concretos en función de la velocidad de pulso ultrasónico según el manual del PL-200.

**2. Equipos**

- 2 transductores de velocidad de pulso
- pantalla táctil pandit
- batería
- 2 cables BNC de 1.5 m
- Acoplador
- Varilla de calibración
- Cable adaptador BNC
- Cable USB
- Gel de ultrasonido
- Briquetas



### 3. Procedimiento

- El primer paso es el encendido del equipo y nos aparece el menú principal del equipo.
- Presionamos en el icono de medición.
- Luego presionamos en el icono determinación de velocidad de pulso ultrasónico.
- Antes de realizar la primera medición, introducimos la distancia entre transductores ( la longitud de cada briqueta)
- Procedemos a la configuración el rango de onda de acuerdo al tipo de transductor de 54KhZ.
- Luego de la configuración procedemos a presionar el icono para dar la primera lectura de velocidad de pulso y cuantas lecturas se desee.
- Finalmente presionamos el icono continuar y guardar, luego se puede proceder a la siguiente briqueta.

### 4. Toma de datos

#### a) Cuadro de toma de datos de velocidad de pulso ultrasónico del concreto simple (CS) de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

- Se adjuntaron en el apéndice por ser muy extenso.

#### b) Cuadro de toma de datos de velocidad de pulso ultrasónico del concreto autocompactable (CAC).

- Se adjuntaron en el apéndice por ser muy extenso.

### 3.6. Procedimiento de análisis de datos

#### 3.6.1 Procesamiento de la granulometría de los agregados

##### 3.6.1.1 Análisis de la granulometría del agregado fino

Al obtener los datos de pesos retenidos para el material, realizamos los cálculos de los porcentajes que pasan para comprobar si el material se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma ASTM C-33 y NTP 400.037:

$$\text{Peso pond. acum.} = \frac{\text{Peso acum 1} * \% \text{ agregado}}{100} - \frac{\text{Peso acum 2} * \% \text{ agregado}}{100}$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en el tamiz}}{\text{peso total de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

$$\text{Modulo de fineza} = \sum \% \text{ retenido acumulado hasta la malla } N^{\text{a}}100$$

**a. Granulometría del agregado fino de Vicho**

Tabla 63: Granulometría del agregado fino de vicho

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (Gr)	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) (PRC <sub>i</sub> / ΣPRC)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) (PRA <sub>i</sub> + PPR <sub>i-1</sub> )	PORCENTAJE QUE PASA (100 - PRA <sub>i</sub> )	LIMITE INFERIOR (NTP 400.037)	LIMITE SUPERIOR (NTP 400.037)
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%	100%	100%
N°4	4.760	286.21	286.66	23.9%	23.9%	76.11%	95%	100%
N°8	2.360	401.85	402.48	33.5%	57.4%	42.57%	80%	100%
N°16	1.190	247.81	248.20	20.7%	78.1%	21.89%	50%	85%
N°30	0.600	139.01	139.23	11.6%	89.7%	10.29%	25%	60%
N°50	0.300	71.98	72.09	6.0%	95.7%	4.28%	10%	30%
N°100	0.149	33.76	33.81	2.8%	98.5%	1.46%	2%	10%
N°200	0.074	14.71	14.73	1.2%	99.8%	0.23%	0%	0%
FONDO		2.79	2.79	0.2%	100.0%	0.00%		
TOTAL		1198.12	1200.00					

**PESO MUESTRA A ENSAYAR (PM) = 1200.00 gr.**

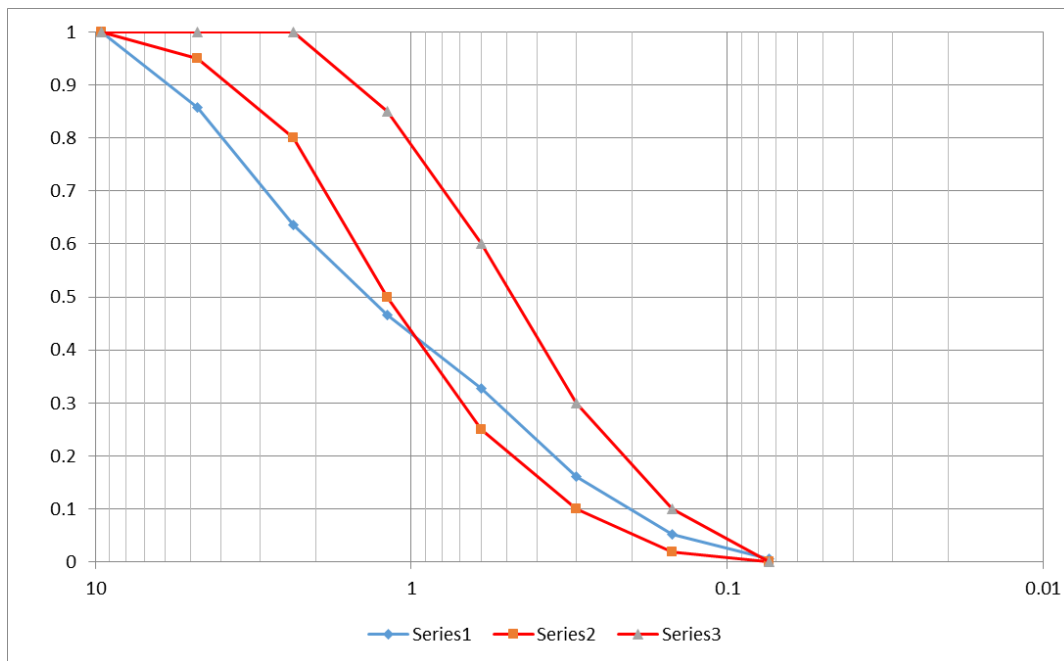


Figura 109: Curva granulométrica del agregado fino de vicho

**Análisis: Agregado fino de la Cantera Vicho**

El agregado de la cantera de Vicho contenía una gran cantidad finos por lo que no cumplía los límites permisibles en la norma ASTM C-33 y NTP 400.037.

**b. Granulometría del agregado fino de Cunyac**

Tabla 64: Granulometría del agregado fino de cunyac

PESO MUESTRA A ENSAYAR (PM) = 1200.00 gr.									
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO TAMIZ (Gr)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) $(PRC_i / \Sigma PRC)$	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) $(PRA_i + PPR_{i-1})$	PORCENTAJE QUE PASA $(100 - PRA_i)$	LIMITE INFERIOR $(NTP 400.037)$	LIMITE SUPERIOR $(NTP 400.037)$
3/8"	9.525	545.000	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%	100%	100%
N°4	4.760	500.000	18.79	18.80	1.6%	1.6%	98.43%	95%	100%
N°8	2.360	490.000	26.96	26.98	2.2%	3.8%	96.19%	80%	100%
N°16	1.190	420.000	54.44	54.47	4.5%	8.4%	91.65%	50%	85%
N°30	0.600	395.000	273.95	274.12	22.8%	31.2%	68.80%	25%	60%
N°50	0.300	360.000	583.79	584.15	48.7%	79.9%	20.12%	10%	30%
N°100	0.149	345.000	194.49	194.61	16.2%	96.1%	3.91%	2%	10%
N°200	0.074	310.000	44.18	44.21	3.7%	99.8%	0.22%	0%	0%
FONDO			2.67	2.67	0.2%	100.0%	0.00%		
TOTAL			1199.27	1200.00		320.68			

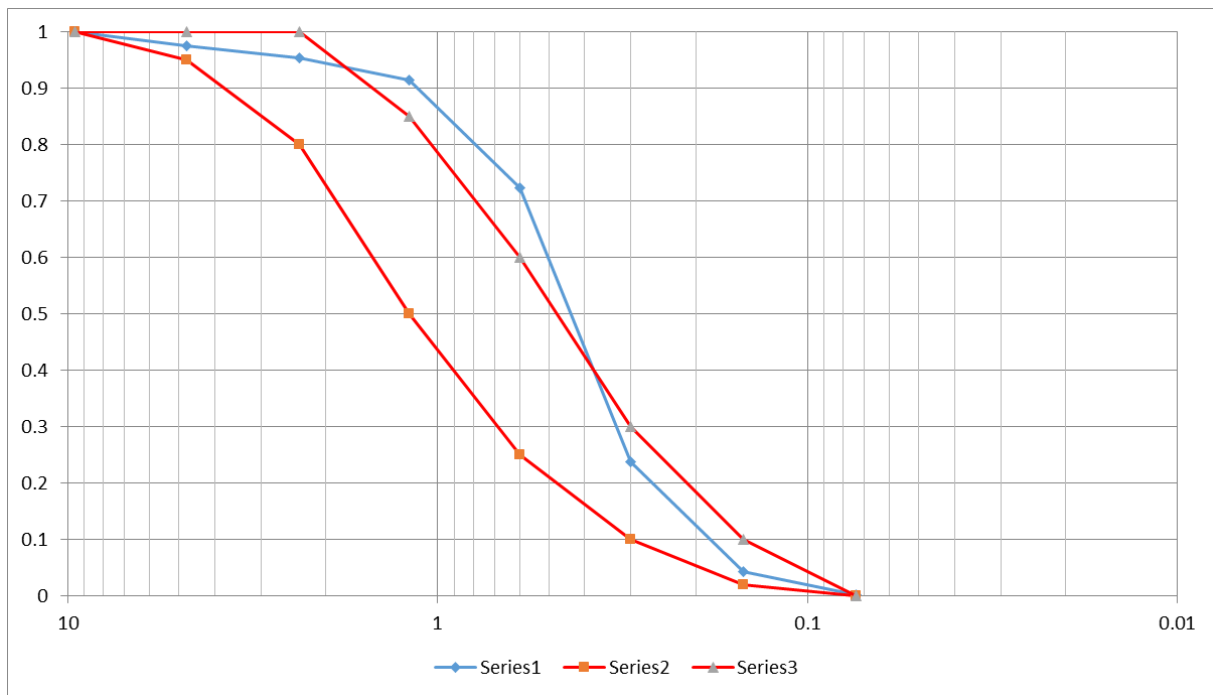


Figura 110: Curva granulometría del agregado fino de cunyac

**Análisis: Agregado fino de la Cantera Cunyac**

El agregado de la cantera de Cunyac contenía una gran cantidad arena gruesa por lo que no cumplía los límites permisibles en la norma ASTM C-33 y NTP 400.037.



**c. Granulometría del agregado fino de Cabeceado (vicho-Cunyac)**

Tabla 65: Granulometría del agregado fino cabeceado (vicho - cunyac)

COMBINACIÓN DE LAS GRANULOMETRÍAS DEL AGREGADO FINO							
<b>Cantera:</b>		Vicho y Cunyac					
<b>Fecha:</b>				<b>COMBINACIÓN</b>			
<b>Peso total muestra sin lavar:</b>				<b>CUNYAC</b>	0.8		
<b>Peso total de la muestra lavada:</b>				<b>VICHO</b>	0.2		
<b>Módulo de fineza:</b>		3.04					
Malla		PESO TAMIZ (Gr)	% PASANTE CUNYAC	% PASANTE VICHO	% Combinación Pasante	Parámetros	
Tamiz.	mm.					Lím. Inf.	Lím. Sup.
3/8"	9.525	545.000	100.00%	100.00%	100.00%	100%	100%
N° 4	4.76	500.000	98.43%	76.11%	93.97%	95%	100%
N° 8	2.36	490.000	96.19%	42.57%	85.46%	80%	100%
N° 16	1.19	420.000	91.65%	21.89%	77.69%	50%	85%
N° 30	0.6	395.000	68.80%	10.29%	57.10%	25%	60%
N° 50	0.3	360.000	20.12%	4.28%	16.95%	10%	30%
N° 100	0.149	345.000	3.91%	1.46%	3.42%	2%	10%
N° 200	0.074	310.000	0.22%	0.23%	0.22%	0%	0%
FONDO			0.00%	0.00%	0.00%		

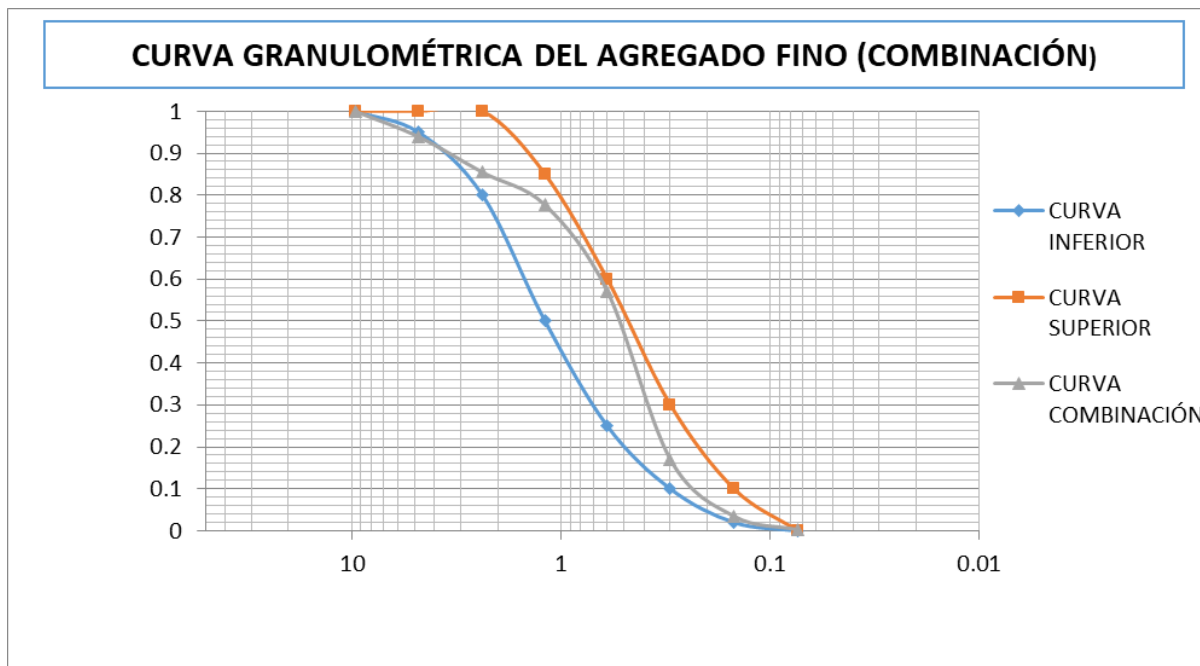


Figura 111: Curva granulometría del agregado fino de cunyac

**Análisis: Agregado fino cabeceado de las Canteras Vicho y Cunyac**

El agregado de la cantera de Vicho contenía una gran cantidad finos por lo que no cumplía los límites permisibles, por lo que fue mezclado con arena gruesa de Cunyac, logrando cumplir los límites establecidos

### 3.6.1.2 Análisis de la granulometría del agregado grueso

Al obtener los datos de pesos retenidos para el material, realizamos los cálculos de los porcentajes que pasan para comprobar si el material se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma NTP 400.037:

$$\text{Peso pond. acum.} = \frac{\text{Peso acum 1} * \% \text{ agregado}}{100} - \frac{\text{Peso acum 2} * \% \text{ agregado}}{100}$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido}}{\text{peso total de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

Tabla 66: Datos del análisis granulométrico del agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) (PRC <sub>i</sub> / ΣPRC)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) (PRA <sub>i</sub> + PPR <sub>i+1</sub> )	PORCENTAJE QUE PASA (100 - PRA <sub>i</sub> )	LIMITE INFERIOR (NTP 400.037) <u>HUSO 6Z</u>	LIMITE SUPERIOR (NTP 400.037) <u>HUSO 6Z</u>
2"	50.80	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	-	-	-	-	-
1"	25.40	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100%	100%	100%
3/4"	19.05	113.51	113.66	2.53%	2.53%	97%	90%	100%
1/2"	12.70	1185.01	1186.54	26.46%	28.99%	71%	-	-
3/8"	9.53	1279.58	1281.23	28.57%	57.56%	42%	20%	55%
N°4	4.76	1798.88	1801.20	40.16%	97.72%	2%	0%	10%
N°8	2.36	0.00	0.00	0.00%	97.72%	2%	0%	5%
FONDO		102.24	102.37	2.28%	100.00%	0%		
TOTAL		<b>4479.22</b>	<b>4485.00</b>		<b>284.52</b>			

#### Análisis: Agregado Grueso Cantera Vicho TMN= 3/4"

En la tabla se observa que el mayor peso retenido se encuentra en el tamiz 3/4" y que la gradación del agregado grueso es variable.

**Diagrama.**

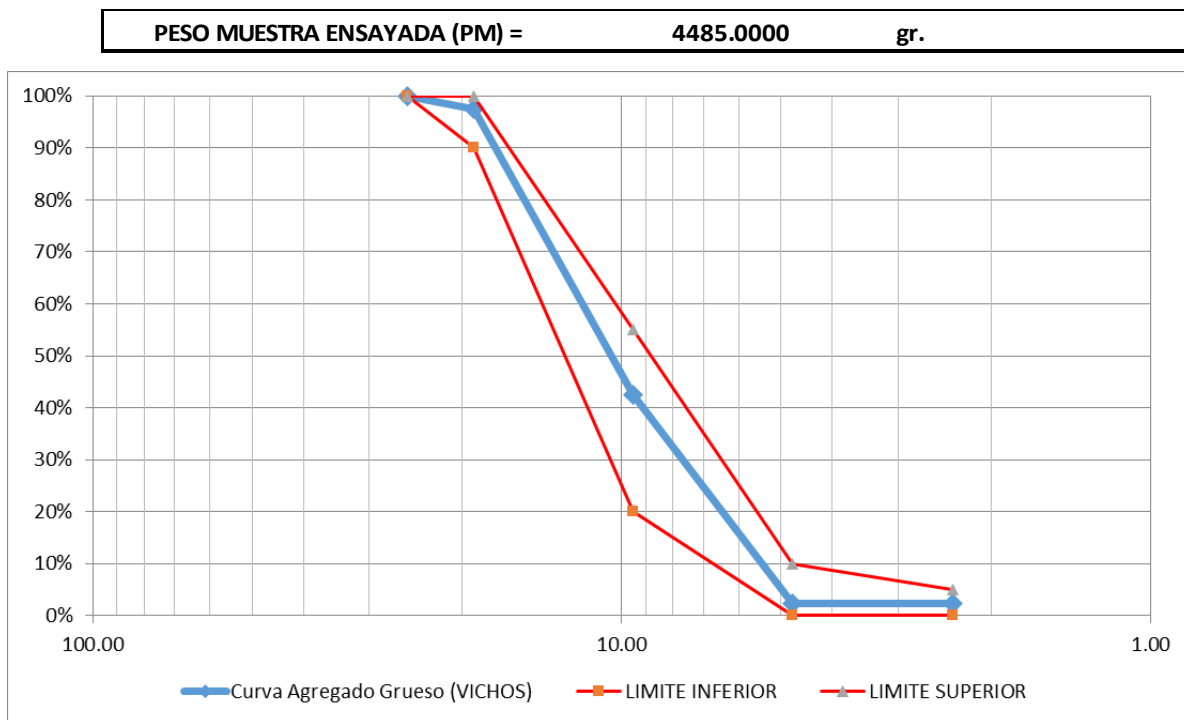


Figura 112: Grafica del análisis granulométrico del agregado grueso

**Análisis: de la curva granulométrica de agregado Grueso Cantera Vicho TMN= 3/4”**

Valores obtenidos y los límites dados para visualizar mejor los resultados son:

Podemos observar que la curva granulométrica del agregado grueso se encuentra dentro de los límites dados por la ASTM C-33 y NTP 400.037 según el tamaño máximo Nominal de nuestro agregado (cantera de vicho 3/4”). Lo que indica que este es un buen material para el diseño de concreto.

**3.6.2 Análisis de las propiedades de los agregados finos y gruesos**

**3.6.2.1 Análisis de las propiedades del agregado fino**

**3.6.2.1.1 Análisis del peso específico y absorción del agregado fino cabeceado**

En el análisis del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino usamos las fórmulas descritas a continuación:

**Peso específico de la masa:**

$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$Pem. = \frac{491.93}{675.05 + 500.00 - 982.80} = 2.559 \frac{gr}{m^3}$$

% de Absorción (%):

$$Absorción(\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$Absorción(\%) = \frac{500.00 - 491.93}{491.93} * 100 = 1.640\%$$

Tabla 67: Datos del peso específico y absorción del agregado fino cabeceado

TOMA DE DATOS		
Peso de la muestra secada en el horno (A) =	491.93	gr.
Peso del picnómetro aforado lleno de agua (B) =	675.05	gr.
Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua (C) =	982.80	gr.
Peso de la muestra saturada con superficie seca (S) =	500.00	gr.

#### Análisis: del peso específico y absorción del agregado fino

Los datos obtenidos del peso específico son de 2.559 gr/m<sup>3</sup> y el porcentaje de absorción es de 1.64 % los cuales se utilizaron para realizar el diseño de mezcla.

#### 3.6.2.1.2 Análisis del contenido de humedad del agregado fino cabeceado

Para el cálculo del contenido de humedad del agregado fino cabeceado usamos la siguiente formula:

$$Cont. de hum. (\%) = \frac{P. R. con muestra húmeda - P. R. con muestra seca}{peso de la muestra seca} * 100$$

$$Cont. de hum. (\%) = \frac{601.50 - 596.40}{596.40} * 100 = 0.86\%$$

Tabla 68: Contenidos de humedad del agregado fino cabeceado

Peso de la muestra húmeda =	601.50	gr.
Peso de la muestra secada al horno =	596.40	gr.
Porcentaje de contenido de humedad =	0.86	%

#### Análisis: del contenido de humedad del agregado fino

Los datos obtenidos del contenido de humedad son de 0.86% los cuales se utilizaron para realizar el ajuste en el diseño de mezcla.

**3.6.2.1.3 Análisis del peso unitario del agregado fino cabeceado**

Para el procesamiento de cálculo del peso unitario seco suelto y compactado, usamos la formula establecida por la NTP 400.017. con la siguiente formula:

$$Peso\ unitario\ (\frac{g}{cm^3}) = \frac{(Peso\ de\ la\ muestra)}{volumen\ del\ recipiente}$$

Tabla 69: Datos del peso unitario del agregado fino cabeceado

DATOS	RADIO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	PROMEDIO	
DATO 1	0.0762	0.2270	0.004	0.0041	m3
DATO 2	0.0761	0.2265	0.004		
DATO 3	0.0758	0.2267	0.004		
DATO 4	0.0757	0.2266	0.004		

Tabla 70: Datos del peso unitario del agregado fino cabeceado

DESCRIPCION	SUELTO			VARILLADO		
	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 1	PESO 2	PESO 3
PESO DEL MOLDE	8.4957	8.4957	8.4957	8.4957	8.4957	8.4957
PESO DEL MOLDE + AGREGADO	14.770	14.790	14.820	15.550	15.560	15.570
PESO DEL AGREGADO SECO	6.2743	6.2943	6.3243	7.0543	7.0643	7.0743
VOLUMEN DEL MOLDE	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
PESO UNITARIO	1528.807	1533.681	1540.990	1718.864	1721.300	1723.737
PESO UNITARIO PROMEDIO	1534.493		Kg/m <sup>3</sup>	1721.300		Kg/m <sup>3</sup>

**Análisis: del peso unitario suelto y varillado del agregado fino cabeceado**

Se realizaron 3 ensayos de peso unitario tanto suelo como varillado, de tal manera que el resultado fuera confiable la variación de los tres resultados no es en gran magnitud, por lo que se considera correcto el resultado obtenido de 1.721 g/cm3

**3.6.2.2 Análisis de las propiedades del agregado grueso**

**3.6.2.2.1 Análisis del peso específico y absorción del agregado grueso**

En el análisis del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino usamos las fórmulas descritas a continuación:

**Peso específico de la masa:**

$$Pem. = \frac{A}{B - C}$$

$$Pem. = \frac{4396.800}{4456.00 - 2809.800} = 2.67$$



% de Absorción (%):

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{4456.00 - 4396.800}{4914396.800} * 100 = 1.35\%$$

Tabla 71: Datos del peso específico y absorción del agregado grueso

TOMA DE DATOS		
Peso de la muestra seca en el aire (A) =	4396.800	gr.
Peso de la muestra saturada con superficie seca en el aire (B) =	4456.000	gr.
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (C) =	2809.800	gr.

### Análisis: del peso específico y absorción del agregado grueso

Los datos obtenidos del peso específico del agregado grueso son de 2.67 gr/m<sup>3</sup> y el porcentaje de absorción es de 1.35 % los cuales se utilizaron para realizar el diseño de mezcla.

#### 3.6.2.2.2 Análisis del contenido de humedad del agregado grueso

Para el cálculo del contenido de humedad del agregado grueso usamos la siguiente formula:

$$\text{Cont. de hum.}(\%) = \frac{P. R. \text{ con muestra húmeda} - P. R. \text{ con muestra seca}}{\text{peso de la muestra seca}} * 100$$

$$\text{Cont. de hum.}(\%) = \frac{3000.00 - 2990.040}{2990.040} * 100 = 0.33\%$$

Tabla 72: Resultados del contenido de humedad del agregado grueso

Peso de la muestra húmeda =	3000.00	gr.
Peso de la muestra secada al horno =	2990.04	gr.
Porcentaje de contenido de humedad =	0.33	%

### Análisis: del contenido de humedad del agregado grueso

Los datos obtenidos del contenido de humedad son de 0.33% los cuales se utilizaron para realizar el ajuste en el diseño de mezcla.

**3.6.2.2.3 Análisis del Peso unitario del agregado grueso**

Para el proceso del cálculo del peso unitario suelto y compactado usamos la fórmula establecida por NTP400.017.

$$Peso\ unitario\ (\frac{g}{cm^3}) = \frac{(Peso\ de\ la\ muestra)}{volumen\ del\ recipiente}$$

Tabla 73: Datos del peso unitario del agregado grueso

DATOS	RADIO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	PROMEDIO	
DATO 1	0.074	0.1673	0.00290	0.0061	m3
DATO 2	0.074	0.1671	0.00290		
DATO 3	0.074	0.1672	0.00288		

Tabla 74: Datos del peso unitario del agregado grueso

DESCRIPCION	SUELTO			VARILLADO		
	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 1	PESO 2	PESO 3
PESO DEL MOLDE	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750
PESO DEL MOLDE + AGREGADO	14.530	14.650	14.620	12.654	12.650	12.700
PESO DEL AGREGADO SECO	7.780	7.900	7.870	5.904	5.900	5.950
VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
PESO UNITARIO	1271.242	1290.850	1285.948	964.706	964.052	972.222
PESO UNITARIO PROMEDIO	1282.680		Kg/m <sup>3</sup>	966.993		Kg/m <sup>3</sup>

**Análisis: del peso unitario suelto y varillado del agregado grueso**

Se realizaron 3 ensayos de peso unitario tanto suelo como varillado, de tal manera que el resultado fuera confiable la variación de los tres resultados no es en gran magnitud, por lo que se considera correcto el resultado obtenido de 0.966 g/cm<sup>3</sup>

**3.6.2.2.4 Análisis de resistencia a la abrasión del agregado grueso**

Para el cálculo del porcentaje de desgaste del agregado grueso se usó la siguiente formula:

$$Desgaste\ (\%) = \frac{peso\ inicial\ total - peso\ final\ seco\ retenido}{peso\ 1} * 100$$

$$\text{Desgaste (\%)} = \frac{5000.00 - 3651.00}{5000.00} * 100 = 26.98$$

Tabla 75: Datos de la resistencia la abrasión del agregado grueso

RESISTENCIA A LA ABRASION DEL AGREGADO GRUESO			
SIMB.	DESCRIPCION	UND	VALOR
P1	Peso inicial total	g.	5000.00
P2	Peso final seco retenido	g.	3651.00
D	Desgaste	%	26.98

### Análisis: de resistencia a la abrasión del agregado grueso

El valor de desgaste obtenido es de 26.98%, siendo este el resultado y se encuentra dentro de los valores requeridos por el MTC E-207, que están dentro de los requerimientos del agregado grueso cuyos valores se encuentran entre 35% como un valor máximo para alturas mayores a los 3000 m.s.n.m. y 40% como un valor máximo para alturas menores a 3000 m.s.n.m.

### 3.6.3 Análisis del diseño de mezcla de concreto por el método ACI

Habiendo culminado con los ensayos se obtuvieron valores necesarios para la elaboración de Concreto según el Método de diseño del A.C.I.

La resistencia a compresión del concreto es de 210 kg/cm<sup>2</sup> en la cual el concreto diseñado no tuvo aire incorporado.

#### 3.6.3.1 Materiales

- Agregado grueso: VICHO
  - Agregado Fino: CUNYAC Y VICHO
  - Resistencia a la compresión:  $f'_c$ : 210kg/cm<sup>2</sup>
- a) datos del cemento**
- Cemento: Portland
  - Peso Específico: 2850 Kg/M<sup>3</sup>
- b) datos del agregado fino cabeceado**
- Peso Específico Seco: 2558.80 Kg/M<sup>3</sup>
  - Módulo De Fineza: 3.04
  - Contenido De Humedad: 0.33 %
  - Absorción: 1.64 %
- c) datos del agregado grueso de la cantera de vicho**
- Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

- Peso Específico Seco: 2670.0 Kg/M<sup>3</sup>
- Peso Unitario Compactado Seco: 966.99 Kg/M<sup>3</sup>
- Contenido De Humedad: 1.95%
- Absorción: 1.35%

**d) datos del agua**

- Peso Específico: 1000.00 Kg/M<sup>3</sup>
- Potable, Provista Por Seda Cusco

**e) datos del concreto**

- Resistencia a La Compresión  $f'_c$ : 210 Kg/Cm<sup>2</sup>
- Concreto Con Aire Incorporado: No
- Slump: 3" A 4".

**3.6.3.2 Cálculo de la resistencia promedio**

Debido al hecho de que no se conoce el valor de la desviación estándar de las canteras de agregado que fueron utilizados en esta investigación se utilizó la siguiente tabla de resistencias a compresión promedio:

Tabla 76: Resistencia a la compresión promedio

F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	F'c + 70
De 210 a 350	F'c + 85
Mayor a 350	F'c + 98

Con base a la tabla anterior tendríamos un resultado de  $f'_c = 295$  kg/cm<sup>2</sup>.

**3.6.3.3 Determinación del tamaño máximo nominal del agregado grueso**

De acuerdo a la granulometría el tamaño máximo nominal utilizado fue de  $\frac{3}{4}$ ".

**3.6.3.4 Determinación del asentamiento o Slump**

De acuerdo a la tabla elaborada por el comité 211 del ACI para concretos consolidados por vibración La elección del asentamiento fue de entre 3" y 4". Como se ve reflejada en la tabla 4.

**3.6.3.5 Determinación del volumen de agua de diseño**

Según la tabla de volumen unitario de agua, teniendo un asentamiento de 3" a 4" y un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " el volumen unitario de agua utilizado fue de 204 l. o 0.204 m<sup>3</sup>

Tabla 77: Volumen unitario de agua

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

- Los valores de la Tabla corresponden a concretos sin aire incorporado.

### 3.6.3.6 Selección de la cantidad de aire atrapado

Según la tabla N° 11.2.1 Diseño de Mezcla, en mezclas sin aire incorporado y según el TMN del agregado el porcentaje de aire incorporado es de:

Tabla 78: Contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

### 3.6.3.7 Determinación de la relación agua - cemento.

El diseño de mezcla de resistencia es de 295 Kg/cm<sup>2</sup>, en un concreto sin aire incorporado, según la Tabla N° 08 la relación agua-cemento se determina interpolando los valores entre 250 y 300, dando un resultado de: 0.557. á el valor de f'cr=300 kg/cm<sup>2</sup> y se procedió a interpolar:

Tabla 79: Relación agua / cemento por resistencia

f'cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	...
450	0,38	...

### 3.6.3.8 Determinación del factor cemento y volumen de cemento.

En función a las fórmulas indicadas en este paso se calculó el: factor cemento=366.248 kg y vol. De cemento =0.129 m<sup>3</sup>

$$FC = \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{\text{relación a/c}}$$

$$\text{Vol. de Cemento} = \frac{FC}{P.E. \text{ del Cemento}}$$



### 3.6.3.9 Determinación del volumen del agregado grueso.

Según la tabla N° 16.2.2 Diseño de Mezcla, En función del tamaño máximo nominal de 3/4" y el módulo de fineza del agregado fino se procedió a interpolar para hallar el valor del volumen del agregado grueso: 0.596 m<sup>3</sup> y peso del agregado grueso = 875.779 kg.

$$X = 0.62 + \frac{(2.80 - 2.61) \times (0.64 - 0.62)}{2.80 - 2.60}$$

$$\text{Peso del A. G.} = 0.641 \text{ m}^3 * 1469.43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla 80: *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,82	0,80	0,78	0,76
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

### 3.6.3.10 Determinación de volúmenes absolutos.

Los volúmenes absolutos fueron calculados de acuerdo a la suma de los volúmenes absolutos de los materiales que se usaron en el diseño del concreto:

Tabla 81: *Volúmenes absolutos*

Volúmenes absolutos	
Vol. de agua	0.204 m <sup>3</sup>
Vol. de cemento	0.129 m <sup>3</sup>
Vol. de agregado grueso	0.328 m <sup>3</sup>
Vol. de aire atrapado	0.020 m <sup>3</sup>
Total Vol. Absolutos	0.681 m <sup>3</sup>

### 3.6.3.11 Determinación del volumen del agregado fino.

El volumen absoluto del agregado fino es la diferencia del valor entero correspondiente por 1 m<sup>3</sup> menos la suma de los volúmenes absolutos que fueron calculados en el paso anterior.

Dando como resultado un volumen de agregado fino de = 0.319 m<sup>3</sup>

$$\text{Vol. de Agreg. Fino} = 1 - \sum \text{Vol. Absolutos}$$

### 3.6.3.12 Determinación de los pesos de: agua, cemento, agregado fino (cabeceado) y agregado grueso.

Para la determinación del peso en kilogramos para cada material del concreto se procedió a multiplicar el volumen absoluto de cada uno por el peso específico de cada uno de ellos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 82: Pesos de agua, cemento, agregado fino y agregado grueso.

MATERIAL	VOL. ABSOLUTO (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)	PESO (kg)
Agua	0.204 m3	1000 kg/m3	204.00 kg
Cemento	0.129 m3	2850 kg/m3	366.25 kg
Ag. Grueso	0.328 m3	2670 kg/m3	875.78 kg
Ag. Fino	0.319 m3	2559 kg/m3	817.56 kg
Aire	0.020 m3	0 kg/m3	0.00 kg
<b>Total</b>	<b>1.000 m3</b>		<b>2263.59 kg</b>

### 3.6.3.13 Corrección por humedad de los agregados.

Antes de la elaboración de la mezcla de concreto los agregados fueron corregidos en función de las condiciones de humedad a los que estaban sometidos antes la utilización, dando como resultado los siguientes datos:

#### a. Peso húmedo:

$$\text{Agreg. Fino} = 1 + \frac{\% \text{ de humedad}}{100} * \text{Peso Abs. A. F.}$$

$$\text{Agreg. Fino} = 824.59 \text{ kg.}$$

$$\text{Agreg. grueso}$$

$$= 1 + \frac{\% \text{ de humedad}}{100} * \text{Peso Abs. A. G.}$$
$$\text{Agreg. grueso} = 878.67 \text{ kg.}$$

#### b. Balance de agua:

$$\text{Agreg. Fino} = \% \text{ de humedad} - \% \text{ de absorcion A. F}$$

$$\text{Agreg. Fino} = -0.78\%$$

$$\text{Agreg. Grueso}$$

$$= \% \text{ de humedad} - \% \text{ de absorción A. G}$$

$$\text{Agreg. Grueso} = -1.02\%$$

**c. Contribución o disminución de agua:**

$$\text{Contri A.F} = \text{Peso hum corregido} * \text{Balance de agua}$$

$$\text{Contri A.F} = -6.43 \text{ kg.}$$

$$\text{Contri A.G} = \text{Peso hum corregido} * \text{Balance de agua}$$

$$\text{Contri A.G} = -8.96 \text{ kg.}$$

**d. Determinación del agua final en la mezcla:**

$$\text{Agua Final} = \text{Peso del agua} - \sum \text{Contrib de agua}$$

$$\text{Agua Final} = 219.39 \text{ kg.}$$

**3.6.3.14 Determinación final por metro cubico de concreto.**

Tabla 83: *Determinación final por metro cubico de concreto*

MATERIAL	PESO (kg)	VOLUMEN (m3)	DOSIF. EN VOL. PARCIAL	DOSIF. EN VOL. TOTAL
AGUA	219.39 kg	0.219 m3	0.60	0.60
CEMENTO	366.25 kg	0.129 m3	1.00	1.00
AGREGADO GRUESO (SAN SALV)	875.78 kg	0.328 m3	2.39	2.39
AGREGADO FINO	CUNYAC (80%)	654.05 kg	1.79	2.23
	VICHO (20%)	163.51 kg	0.45	
<b>TOTAL</b>	<b>2278.98 kg</b>	<b>0.995 m3</b>		<b>6.22</b>

**3.6.3.15 Dosificación para una briqueta de concreto de 0.10\*0.20.**

Tabla 84: *Dosificación para una briqueta de concreto de 0.10\*0.20.*

MATERIAL	PESO (kg)	PESO POR BRIQUETA DE (0.1*0.2m).	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN DE (0.1*0.2 m). (kg)
	1 m3	0.0016 m3	1 m3	0.0016 m3
AGUA	219.39 kg	0.345 kg	0.219 m3	0.00034 m3
CEMENTO	366.25 kg	0.575 kg	0.129 m3	0.00020 m3
AGREGADO GRUESO (SAN SALV)	875.78 kg	1.376 kg	0.328 m3	0.00052 m3
AGREGADO FINO	CUNYAC (80%)	654.05 kg	0.256 m3	0.00040 m3
	VICHO (20%)	163.51 kg	0.064 m3	0.00010 m3
<b>TOTAL</b>	<b>2279 m3</b>	<b>3.580 kg</b>	<b>0.995 m3</b>	<b>0.00156 m3</b>

### 3.6.3.16 Análisis del revenimiento del concreto simple (CS) o Slump.

Tabla 85: Análisis del revenimiento del concreto simple (CS)

N°	TANDAS DE CONCRETO SIMPLE ( CS)				
	TIPO DE CONCRETO	SLUMP (cm)		PROM. (cm)	PROM. (pulg)
		1° LECT.	2° LECT.		
1	CONCRETO SIMPLE (CS) $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	8.8	9.0	8.9	3.50
2	CONCRETO SIMPLE (CS) $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	8.8	9.8	9.3	3.66
3	CONCRETO SIMPLE (CS) $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	8.5	8.3	8.4	3.31
PROMEDIO					3.49

**Análisis:** En el cuadro se muestra que el concreto simple cumple con los parámetros de diseño de mezcla por el ACI con un revenimiento de 2 a 3 pulgadas (2.54 cm.) cumpliendo el diseño de mezcla.

### 3.6.4. Análisis del diseño de mezcla de concreto autocompactable por el método Okamura y Ouchi

#### 3.6.4.1. Materiales del concreto autocompactable

- Agregado grueso: VICHO
- Agregado Fino: CUNYAC Y VICHO
- a) **datos del cemento**
  - Cemento: Portland
  - Peso Específico: 2850 Kg/M3
- b) **datos del agregado fino cabeceado**
  - Peso Específico Seco: 2558.80 Kg/M3
  - Módulo De Fineza: 3.04
  - Contenido De Humedad: 0.33 %
  - Absorción: 1.64 %
- c) **datos del agregado grueso de la cantera de vicho**
  - Tamaño Máximo Nominal: 3/4"
  - Peso Específico Seco: 2670.0 Kg/M3
  - Peso Unitario Compactado Seco: 966.99 Kg/M3
  - Contenido De Humedad: 1.95%
  - Absorción: 1.35%
- d) **datos del agua**
  - Peso Específico: 1000.00 Kg/M3

- Potable, Provista Por Seda Cusco
- e) **datos del concreto**
- Concreto Con Aire Incorporado: No

**3.6.4.2. Cálculos**

**3.6.4.2.1 Contenido de aire deseado**

El valor utilizado para el contenido de aire es del 2%, sientio este porcentaje para el concreto autocompactable.

**3.6.4.2.2 Diseño del esqueleto granular**

**a. Datos**

Tabla 86: *Datos generales del esqueleto granular*

I. DATOS GENERALES	
CANTERAS	AG. GRUESO VICHO Y AG. FINO CUNYAC Y VICHO
II. DATOS TECNICOS	
PESO TOTAL DEL MATERIAL ( muestra)	10.000 Kg
VOLUMEN DEL MOLDE ( de la briqueta y/o proctor)	4.106 ltr
PESO DEL MOLDE	8.520 kg
PESO UNITARIO AG. GRUESO ( dato ant)	1434.504 Kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO AG. FINO (suelto)	1534.493 Kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO AG. GRUESO	2.671
PESO ESPECIFICO AG. FINO	2.559

**b. Procedimiento**

Tabla 87: *Datos del porcentaje de vacíos en el ensayo del esqueleto granular*

COMBINACIONES DE MATERIAL ENSAYADO PARA EL DISEÑO DEL ESQUELETO GRANULAR															
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
% GRAVA	% ARENA	GRAVA (kg)	ARENA (kg)	total de muestra (kg)	PESO (kg) MEZCLA 1+ MOLDE	PESO (kg) MEZCLA 2+ MOLDE	PESO (kg) MEZCLA 3+ MOLDE	PESO PROMEDIO MEZCLA + MOLDE (kg)	PESO (kg) MEZCLA - MOLDE	PESO UNITARIO SUELTO DE LA MEZCLA (Kg/m3)	peso del grava en un molde (p. espe)	peso de la arena en un molde (p. espe fino)	VOLUMEN GRAVA	VOLUMEN DE ARENA	VOLUMEN DE VACIOS (%)
35.00%	65.00%	3.5	6.5	10.0	13.86	13.86	13.86	13.86	5.340	1300.40	0.70	1.36	17.04	33.03	49.93%
40.00%	60.00%	4.0	6.0	10.0	14.85	14.86	16.08	15.26	6.743	1642.14	1.01	1.58	24.59	38.51	36.90%
45.00%	55.00%	4.5	5.5	10.0	15.58	15.59	16.14	15.77	7.250	1765.52	1.22	1.56	29.75	37.95	32.30%
50.00%	50.00%	5.0	5.0	10.0	16.26	16.24	16.30	16.27	7.747	1886.47	1.45	1.51	35.32	36.86	27.82%
55.00%	45.00%	5.5	4.5	10.0	15.58	15.59	16.14	15.77	7.250	1765.52	1.49	1.28	36.36	31.05	32.59%
60.00%	40.00%	6.0	4.0	10.0	14.85	14.86	16.08	15.26	6.743	1642.14	1.51	1.05	36.89	25.67	37.44%

La proporción escogida es la de 40% de grava y 60% de arena, la cual da como porcentaje de vacíos redondeado de 36.9% el cual estará ocupado por la pasta.

**c. Fórmulas utilizadas**

$$C = A * 10 \text{ kg.}$$

$$D = B * 10 \text{ kg.}$$

$$E = (A * 1434.504 \text{ kg/m}^3) + (B * 1534.493 \text{ kg/m}^3)$$



$$H = (E + F + G)/3$$

$$I = H - (\text{peso del molde en kg.})$$

$$J = I/(\text{volumen del molde en m}^3)$$

$$K = (I * A)/(\text{gravedad especifica grava})$$

$$L = (I * B)/(\text{gravedad especifica arena})$$

$$M = (K * 100)/(\text{volumen del molde en litros})$$

$$N = (L * 100)/(\text{volumen del molde en litros})$$

$$O = 100\% - M - N$$

### 3.6.4.2.3 Diseño de la composición de la pasta.

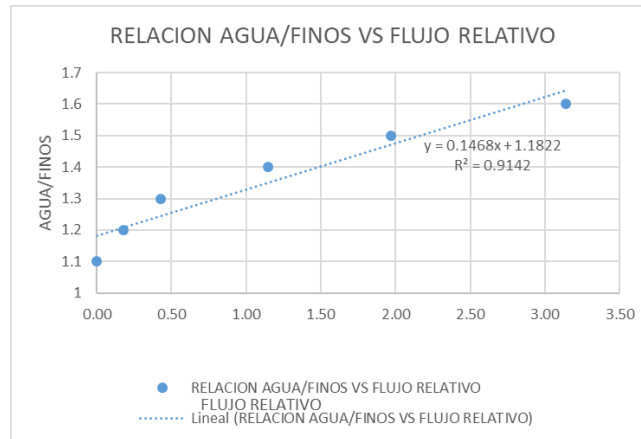
Tabla 88: *Diseño de la composición de la pasta*

DISEÑO DE LA COMPOSICIÓN DE LA PASTA				
A	B	C	D	E
Volumen de Mezcla de concreto (cm3)	Relación Agua/Finos	Peso Cemento (Kg)	Volumen Cemento (l)	Volumen Agua (l)
1500	1	0.75	0.262	0.262
1500	1.1	0.75	0.262	0.288
1500	1.2	0.75	0.262	0.315
1500	1.3	0.75	0.262	0.341
1500	1.4	0.75	0.262	0.367
1500	1.5	0.75	0.262	0.393
1500	1.6	0.75	0.262	0.420

Tabla 89: *Flujo relativo de la pasta*

RELACION AGUA/FINOS VS FLUJO RELATIVO								
Relación Agua/Finos	ENSAYO N°1			ENSAYO N°2			D	E
	FLUJO 1 (cm)	FLUJO 2 (cm)	FLUJO PROMEDIO(cm)	FLUJO 1 (cm)	FLUJO 2 (cm)	FLUJO PROMEDIO(cm)	FLUJO PROMEDIO(cm)	FLUJO RELATIVO (cm)
1.1	9.500	9.800	9.650	10.200	10.500	10.350	10.000	0.00
1.2	10.500	10.700	10.600	11.000	11.200	11.100	10.850	0.18
1.3	12.300	12.300	12.300	11.300	11.900	11.600	11.950	0.43
1.4	15.000	15.100	15.050	14.200	14.300	14.250	14.650	1.15
1.5	16.700	16.500	16.600	18.000	17.700	17.850	17.225	1.97
1.6	20.400	20.100	20.250	20.300	20.600	20.450	20.350	3.14

Tabla 90: *Relación agua - finos vs flujo relativo*



De la ecuación del gráfico podemos determinar que la relación agua/finos en el flujo cero es de 1.1339.

**3.6.4.2.4 Proporciónamiento preliminar para la mezcla del concreto autocompactable.**

Teniendo en cuenta que la proporción utilizada del esqueleto granular es de 40% de grava y 60% de arena, tenemos un porcentaje de vacíos el cual fue llenado con la pasta a partir de esto hallamos el porcentaje que ocupa el esqueleto granular con la siguientes formulas:

**a. Porcentaje de esqueleto granular**

$$CONCRETO = ESQUELETO GRANULAR + PASTA + AIRE$$

$$100\% = ESQUELETO GRANULAR + 36.9\% + 2\%$$

$$ESQUELETO GRANULAR = 61.100\%$$

**b. Porcentaje del agregado grueso y finos en el concreto autocompactable**

$$ESQUELETO GRANULAR = GRAVA + ARENA$$

$$100\% = 40\% + 60\%$$

$$GRAVA = 61.100\% \left( \frac{40}{100} \right) = 24.44\%$$

$$ARENA = 61.100\% \left( \frac{60}{100} \right) = 36.66\%$$

La cantidad de pasta que tenemos para que el concreto autocompactable es el 37% , del cual se halló la cantidad de cemento , agua mediante el flujo cero , dándonos una relación de agua/ finos de 1.1339.

**c. Porcentaje del cemento y agua para el concreto autocompactable**

$$CEMENTO = \left( \frac{36.9\%}{1 + 1.36} \right) = 15.636\%$$

$$AGUA = (37\% - 15.678\%) = 21.264\%$$

**3.6.4.2.5 Proporción parcial del concreto autocompactable.**

Tabla 91: *Proporción parcial del concreto autocompactable*

Proporción parcial final	
<b>AIRE</b>	<b>2.000%</b>
<b>GRAVA</b>	<b>24.440%</b>
<b>ARENA</b>	<b>36.660%</b>
<b>AGUA</b>	<b>21.264%</b>
<b>CEMENTO</b>	<b>15.636%</b>
<b>Total</b>	<b>100%</b>

**3.6.4.2.6 Determinación de la relación óptima agua/finos y dosificación del superplastificante.**

Para la dosificación de aditivo tomamos una relación agua/finos de 1.15 en la cual utilizamos diferentes cantidades de aditivos hasta llegar a un diámetro promedio de 24 a 26 cm.

Tabla 92: *Determinación óptima de la relación agua- finos y dosificación del superplastificante*

A	B	C	D	E	F	G	H
Volumen de Mezcla de concreto (cm3)	Relación Agua/Finos	Peso Cemento (Kg)	Volumen Cemento (l)	Volumen Agua (l)	% DE PESO DE SUPERPLASTIFICANTE	SUPERPLASTIFICANTE (KG)	volumen de superplast(ml)
1200	1.15	0.60	0.211	0.2421	2.00%	0.01200	0.0100
1200	1.15	0.60	0.211	0.2421	2.00%	0.01200	0.0100
1200	1.14	0.60	0.211	0.2400	2.00%	0.01200	0.0100
1200	1.13	0.60	0.211	0.2379	2.00%	0.01200	0.0100
1200	1.13	0.60	0.211	0.2379	2.00%	0.01200	0.0100
1200	1.11	0.60	0.211	0.2337	2.00%	0.01200	0.0100
1000	1.10	0.50	0.175	0.1930	2.00%	0.01000	0.0083
1200	1.20	0.60	0.211	0.2526	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.25	0.60	0.211	0.2632	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.30	0.60	0.211	0.2737	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.35	0.60	0.211	0.2842	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.36	0.60	0.211	0.2863	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.36	0.60	0.211	0.2863	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.36	0.60	0.211	0.2863	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.36	0.60	0.211	0.2863	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.36	0.60	0.211	0.2863	1.00%	0.00600	0.0050
1200	1.35	0.60	0.211	0.2842	1.10%	0.00660	0.0055
1200	1.35	0.60	0.211	0.2842	1.20%	0.00720	0.0060
1200	1.36	0.60	0.211	0.2863	1.10%	0.00660	0.0055
1200	1.36	0.60	0.211	0.2863	1.10%	0.00660	0.0055

La cantidad de aditivo utilizado para que se llegue a un diámetro correcto es de 1.10%, cumpliendo con la cantidad óptima de aditivo recomienda en la norma técnica de calidad del aditivo CHEMA SUPERPLAST que aconseja para utilizar es del 2%.

Tabla 93: Tiempo de flujo en función a la relación a/f y la del porcentaje de aditivo

A	B	C	D	E	F	G	H
Relación Agua/Finos	Flujo 1 (cm)	Flujo 2 (cm)	Flujo 3 (cm)	Flujo 4 (cm)	Flujo Promedio (cm)	Flujo Relativo (cm)	OPTIMO
1.15	26.90	27.10	26.90	27.10	27.000	6.290	NO CUMPLE
1.15	26.70	26.20	26.70	26.20	26.450	5.996	NO CUMPLE
1.14	25.90	26.00	25.90	26.00	25.950	5.734	NO CUMPLE
1.13	24.80	25.20	24.80	25.20	25.000	5.250	NO CUMPLE
1.13	24.40	24.80	24.40	24.80	24.600	5.052	NO CUMPLE
1.11	25.00	24.80	25.00	24.80	24.900	5.200	NO CUMPLE
1.10	24.60	24.50	24.60	24.50	24.550	5.027	NO CUMPLE
1.20	19.40	19.50	19.40	19.50	19.450	2.783	NO CUMPLE
1.25	21.60	21.00	21.60	21.00	21.300	3.537	NO CUMPLE
1.30	22.80	23.20	22.80	23.20	23.000	4.290	NO CUMPLE
1.35	24.60	24.80	24.60	24.80	24.700	5.101	NO CUMPLE
1.36	25.50	24.80	25.50	24.80	25.150	5.325	CUMPLE
1.36	24.80	25.30	24.80	25.30	25.050	5.275	CUMPLE
1.36	23.30	23.50	23.30	23.50	23.400	4.476	CUMPLE
1.36	23.90	24.10	23.90	24.10	24.000	4.760	CUMPLE
1.35	23.80	24.00	23.80	24.00	23.900	4.712	CUMPLE
1.35	25.70	25.20	25.70	25.20	25.450	5.477	CUMPLE
1.36	25.10	25.20	25.10	25.20	25.150	5.325	CUMPLE
1.36	25.10	25.40	25.10	25.40	25.250	5.376	CUMPLE

La relación agua/finos que cumplen con las condiciones son 1.35 y 1.36 ambas con aditivo 1.1 y 1.2 % del peso del cemento. La relación agua/finos escogida es 1.36 con 1.1% de aditivo.

### 3.6.4.2.7 Determinación óptima de la relación óptima agua/finos y dosificación del superplastificante en el mortero.

La dosificación del aditivo se hace en una mezcla de mortero, proporcionado a partir de la dosificación de concreto anteriormente definida, que permita evaluar preliminarmente el comportamiento del mismo en el concreto. Como teóricamente ha sido especificado anteriormente las mezclas de CAC, en términos generales poseen mayores cantidades de arena con respecto a la grava por lo que la propuesta de dosificación del aditivo en una matriz de mortero se adjudica a que la arena posee mayor influencia en la asimilación del aditivo, además que permite dosificaciones más exactas en una mezcladora de paleta.

El procedimiento experimental se divide en la mezcla de mortero definida a partir del aditivo superplastificante utilizado, la mezcla corresponde al aditivo CHEMA SUPERPLAST.

Los procedimientos utilizados para verificar el comportamiento del aditivo en la mezcla de mortero son el ensayo de fluidez y el ensayo del embudo V, cuyos parámetros deben oscilar entre 24 cm - 26 cm y 7s - 11s respectivamente.

La dosificación del mortero se calcula a partir del proporciónamiento preliminar para concreto, especificado como sigue: aire 2%, grava 24.400%, arena 36.60%, cemento 15.678% y agua 21.322%, del cual se extraen los porcentajes únicamente de arena, cemento y agua para luego proceder al mezclado según la especificación de la norma ASTM C 305.

La arena utilizada en la mezcla de mortero es secada al aire, cuarteada y libre de partículas mayores que influyan en el procedimiento de homogenización, el aditivo por su parte es dosificado al final del proceso general de mezclado, demandando un tiempo de revoltura adicional para garantizar su efecto en la matriz de mortero.

Se muestran los ensayos de mortero con variaciones en la relación agua/finos y dosificación de superplastificantes, en cada ensayo ya que se pretendió obtener parámetros superiores a los propuestos y más precisos, el detalle de este proporciónamiento se muestra a continuación.

Tabla 94: *Diseño de mortero y dosificación de superplastificante con el aditivo CHEMA SUPERPLAST.*

ENSAYO	1	2	3	4
A/F (%)	1.360	1.50	1.220	2.360
<b>Proporción en concreto</b>				
arena	36.66%	36.66%	36.66%	36.66%
cemento	15.64%	15.64%	15.64%	15.64%
agua	21.27%	21.27%	21.27%	21.27%
total	73.56%	73.56%	73.56%	73.56%
<b>PROPORCIÓN DEL MORTERO</b>			<b>MORTERO</b>	<b>73.56%</b>
arena	49.84%	49.84%	49.84%	49.84%
finos (cemento)	21.26%	21.26%	21.26%	21.26%
agua	28.91%	28.91%	28.91%	28.91%
total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
<b>PROPORCIÓN DE LA MEZCLA ENSAYADA</b>				
VOLUMEN DE LA MEZCLA ENSAYADA (l)	0.5	0.5	0.5	0.5
arena (kg)	0.638	0.638	0.638	0.638
finos (cemento)kg.	0.303	0.303	0.303	0.303
cemento kg.	0.303	0.303	0.303	0.303
agua	0.145	0.145	0.145	0.145
<b>ADITIVO</b>				
dosificación(ml x kg de cemento) cemento	4.119	4.543	3.695	7.148
proporción (ml)	3.433	3.786	3.079	5.957
proporción (gr)	4.119	4.543	3.695	7.148
<b>RESULTADO DE ENSAYOS</b>				
fluidez- diametro (cm)	1	12.5	17.5	11.5
	2	12.5	17.9	11.3
	3	12.5	18.5	10.9
	4	12.5	18.9	10.5
embudo v - tiempo (s)	1	6	5	9
	2	6	6	8
	3	6	7	9.5
	4	6	6	10



Los resultados anteriores para la mezcla, se obtuvieron los resultados más óptimos en el ensayo N.º 4 con una dosificación de aditivo CHEMA SUPERPLAST de 5.957 ml \* kg de cemento.

#### 3.6.4.2.8 Ajuste de la mezcla para la proporción final del concreto autocompactable.

Tabla 95: Proporción para m<sup>3</sup> de concreto autocompactable

Material	Volumen (%)		Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Aire	2.000%			
Grava	24.440%		2670.878	661.405
Arena	36.660%		2558.804	946.078
Agua	21.264%		1000.000	220.159
Cemento	15.636%		2850.000	445.614
Aditivo d cemento	2.36%	del peso del cemento	1200	10.517
total de aditivo	2.36%	del peso de los finos	1200	10.517

Para efectuar el último ajuste a través de la evaluación de los parámetros de autocompatibilidad que se mencionan en el trabajo experimental de este Capítulo y definir el procedimiento de dosificación y mezclado más conveniente para cada mezcla .

Cada una de las proporciones fue sometida a los ensayos de capacidad de relleno y capacidad de paso, utilizando el cono Abrahams y La Caja en L respectivamente, la resistencia a la segregación para el caso específico de la dosificación en el diseño fue determinada únicamente por observación.

El ensayo de fluidez, utilizando el cono Abrams invertido, es una práctica necesaria para verificar la capacidad de relleno de la mezcla, el procedimiento demanda una base rígida no absorbente previamente humedecida y nivelada para medir la extensión de la mezcla, simultáneamente se tomó el tiempo T50cm, que es una medida de fluidez alternativa que depende del mismo ensayo.

El ensayo de Caja en L, somete la mezcla de CAC a una situación de reposo que permite la segregación en caso de existir y a una obstrucción por parte de un sistema de barras de acero estratégicamente colocado, permitiendo la verificación de la capacidad de paso de la mezcla; para el caso de esta investigación, la diferencia de niveles que se obtienen a través del ensayo, fue un parámetro medido siempre posteriormente al resultado satisfactorio del ensayo de fluidez, ya que la capacidad de cumplimiento de la Caja L, se consideró de mayor rigor.



Tabla 96: Ajustes en mezclas de concreto autocompactable.

<b>AJUSTE DE MEZCLA : CONCRETO</b>										
<b>Proporción General de Concreto</b>										
<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Aire</b>	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	<b>2.000%</b>
<b>Esqueleto Granular</b>	61.099%	61.099%	61.099%	61.099%	61.099%	61.099%	61.099%	61.099%	61.099%	<b>61.099%</b>
<b>Pasta</b>	36.901%	36.901%	36.901%	36.901%	36.901%	36.901%	36.901%	36.901%	36.901%	<b>36.901%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>
<b>Proporción de Esqueleto Granular</b>										
<b>% Grava</b>	40.000%	40.000%	40.000%	40.000%	40.000%	40.000%	40.000%	40.000%	40.000%	<b>40.000%</b>
<b>% Arena</b>	60.000%	60.000%	60.000%	60.000%	60.000%	60.000%	60.000%	60.000%	60.000%	<b>60.000%</b>
<b>Proporción Específica de Concreto</b>										
<b>A/F</b>	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	<b>2.36</b>
<b>Aire</b>	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	2.000%	<b>2.000%</b>
<b>Grava</b>	24.440%	24.440%	24.440%	24.440%	24.440%	24.440%	24.440%	24.440%	24.440%	<b>24.440%</b>
<b>Arena</b>	36.659%	36.659%	36.659%	36.659%	36.659%	36.659%	36.659%	36.659%	36.659%	<b>36.659%</b>
<b>Cemento</b>	15.636%	15.636%	15.636%	15.636%	15.636%	15.636%	15.636%	15.636%	15.636%	<b>15.636%</b>
<b>Agua</b>	21.265%	21.265%	21.265%	21.265%	21.265%	21.265%	21.265%	21.265%	21.265%	<b>21.265%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>
<b>Aditivo (ml X kg de finos)</b>	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957	5.957
<b>Tiempo de Mezclado</b>	<b>Agua + Aditivo + Arena = Mezclado 1 min + Grava = Mezclado 5 min</b>									

Durante el procedimiento de ajuste se determinó que el tiempo de mezclado se especificara como sigue:

Agua + Cemento + Aditivo + Arena = Mezclado 1 min + Grava = Mezclado 5 min.

### 3.6.4.2.9 Reproducción de las mezclas óptimas y control de calidad del concreto autocompactable en estado fresco y endurecido.

Una vez obtenidos los ajustes en las proporciones, se realizó la reproducción de las mezclas de concreto en varios vacados de prueba, que proporcionen resultados suficientes para evaluar el comportamiento continuo de las mismas; tal evaluación solo es posible si se realiza un estudio que establezca parámetros tanto en estado fresco como endurecido para valorar el comportamiento de la proporción diseñada del concreto autocompactable.

### 3.6.5. Análisis de datos de los ensayos de concreto autocompactable en estado fresco.

Para la mezcla se incorporaron los componentes a la mezcladora como quedó determinado en el diseño de mezcla, a través de los diferentes ajustes de cada proporción de mezcla respectiva. Los resultados de tiempo de mezclado para cada vacado de prueba.

En las mezclas de concreto en estado fresco se realizaron los ensayos para la evaluación de las características de autocompatibilidad, al igual que en la determinación de las proporciones, las cuales son capacidad de paso, capacidad de relleno y resistencia a la segregación. Para ello se utilizaron los métodos de ensayo para cada propiedad sugeridos por el EFNARC. descritos en el Capítulo III de este tema de investigación, los cuales corresponden al Flujo de asentamiento y Flujo de asentamiento T50cm; Caja en L y ensayo de Estabilidad GTM.

#### 3.6.5.1. Análisis para determinar la trabajabilidad.

##### 3.6.5.1.1. Análisis para determinar la capacidad de relleno.

##### a. Análisis de datos en asentamiento y extensibilidad.

Tabla 97: Análisis de datos de asentamiento y extensibilidad en el concreto autocompactable

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)					
# ENSAYO	ASENTAMIENTO (cm)	EXTENSIBILIDAD (mm)			EFNARC 650 mm-800mm
		D1	D2	D Promedio	
1	28,7	715,00	753,00	734,00	CUMPLE
2	27,9	718,00	695,00	706,50	CUMPLE
3	28,9	682,00	701,5	682,00	CUMPLE
PROMEDIO	28,5	PROMEDIO		707,50	CUMPLE

**Análisis:** El concreto autocompactable tiene un gran asentamiento y extensibilidad por ende el concreto autocompactable tiene mejor capacidad de relleno cuando se coloca el concreto en el encofrado

**b. Análisis de datos del ensayo de embudo “V”.**

Tabla 98: Análisis de datos del ensayo de embudo “v” en el concreto autocompactable

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)		
ENSAYO	TIEMPO DE FLUJO (s)	EFNARC (6 s -12 s)
1 - CAC	7.23	CUMPLE
2- CAC	8.45	CUMPLE
3- CAC	7.58	CUMPLE
PROMEDIO	7.75	CUMPLE

**Análisis:** Cuanto menor sea el tiempo de flujo, mejor será la fluidez del concreto, por lo cual el concreto autocompactable tiene una mejor fluidez a comparación de los demás concretos convencionales.

**3.6.5.1.2. Análisis para determinar la capacidad de paso.**

**a. Análisis del ensayo en caja en U.**

Tabla 99: Análisis del ensayo en caja en U del concreto autocompactable.

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)				
# ENSAYO	ALTURA (cm)		ALTURA DE LLENADO	
	H1	H2	H1-H2 (cm)	EFNARC 0 cm- 3 cm
1	31.8	30.90	0.90	CUMPLE
2	29.1	28.9	0.20	CUMPLE
3	29.3	28.5	0.80	CUMPLE
PROMEDIO	PROMEDIO		0.63	CUMPLE

**Análisis:** Cuanto más cercano a cero es el valor del ensayo, mejor será la capacidad de relleno y paso del concreto, por lo cual el concreto autocompactable.

**b. Análisis del ensayo caja en “L”.**

Tabla 100: Análisis del ensayo en caja en L del concreto autocompactable.

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)				
# ENSAYO	ALTURA (cm)		RELACIO DE BLOQUEO	EFNARC (0.8-1 cm)
	H1	H2	H2/H1( cm)	
CAC-1	13.5	13.0	0.96	CUMPLE
CAC-2	13.8	13.1	0.95	CUMPLE
CAC-3	15.2	14.8	0.97	CUMPLE
PROMEDIO			0.96	CUMPLE

**Análisis:** El concreto autocompactable tiene el valor más cercano a 1, por consiguiente, mejor fluye el concreto, lo cual genera una mejor capacidad de paso en el momento de colocar el concreto en el encofrado.

**3.6.5.1.3. Análisis de datos para determinar la resistencia a la segregación.**

Tabla 101: *Análisis de resistencia a la segregación del concreto autocompactable.*

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE							
# ENSAYO	CONTENEDOR DE VERTIDO VACÍO (gr)	CONTENEDOR DE VERTIDO CON	FONDO DE TAMIZ VACÍO (gr)	FONDO DE TAMIZ CON CONCRETO	Ma	Mb	SEGREGACIÓN (%)
	a	b	c	d	b-a	d-c	Mb/Ma
1	0.50	4.460	0.000	0.175	3.96	0.175	0.044191919
2	0.50	4.872	0.000	0.191	4.37	0.191	0.0436871
3	0.50	4.670	0.000	0.186	4.17	0.186	0.044604317
PROMEDIO							0.044161112

**Análisis:** El concreto autocompactable mientras mayor sea la cantidad de aditivo de superplastificante presente en el concreto, será mayor la segregación de estos, pero el concreto autocompactable al tener una resistencia a la segregación se encuentra dentro del límite y máximo necesario.

**3.6.5.1.4. Análisis de datos para determinar el tiempo de fragua.**

Tabla 102: *Análisis de tiempo de fragua del concreto autocompactable.*

Concreto autocompactable		
Nº de lectura	Tiempo min	Penetracion mm
1	0	40
2	60	40
3	120	40
4	180	38,5
5	240	35,5
6	270	33,5
7	300	30
8	330	27,5
9	380	20
10	400	15,5
11	420	10
12	440	5
13	460	2
14	480	1
15	495	0

**Análisis:** El tiempo de fragua inicial alcanzado por el concreto autocompactable por simple inspección para que cumplan los parámetros de diseño del CAC , se observó que la penetración de 25 mm se encuentra entre las lecturas 8 a 9 y se realiza una interpolación.



**3.6.5.2. Análisis de datos para la obtención de la densidad de probetas cilíndricas de concreto simple y concreto autocompactable  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

- **Del concreto simple (CS)**

Tabla 103: *Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto simple*

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)																	
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	longitud de brique ta		Promedio de longitudes(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)							
1	CS- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,10	10,07	0,10073	1,00000	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	3,72000	0,00167	2233,43424	19679,51682	246,93244
2	CS- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,08	10,12	0,10107	1,00000	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	3,78000	0,00168	2254,51203	22124,49925	275,78312
3	CS- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,02	10,05	0,10050	1,00000	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	3,85000	0,00165	2327,79898	21330,52627	268,89304
4	CS- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,04	10,1	0,10073	1,00000	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	3,92000	0,00165	2376,25059	20700,68091	259,74568
5	CS- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,10	10,10	10,06	0,10087	1,00000	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	3,87000	0,00167	2322,91060	21555,85918	269,76159
6	CS- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,10	10,08	0,10090	1,00000	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	3,74000	0,00164	2276,14734	21560,41357	269,64034
7	CS- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,11	10,12	0,10087	1,00000	0,00799	20,600	20,700	0,20650	2,04726	3,80000	0,00165	2302,98511	20146,62935	252,12573
8	CS- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,08	10,09	0,10073	1,00000	0,00797	20,800	20,900	0,20850	2,06982	3,75000	0,00166	2256,84496	22530,98472	282,71176
9	CS- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,13	10,09	0,10113	1,00000	0,00803	20,900	20,900	0,20900	2,06658	3,72000	0,00168	2215,80194	22010,64473	274,00232
10	CS- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,11	10,08	10,12	0,10103	1,00000	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	3,69000	0,00167	2212,87354	21834,97422	272,35380
11	CS- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,10	10,12	0,10113	1,00000	0,00803	20,800	20,700	0,20750	2,05175	3,75000	0,00167	2249,81833	21027,20044	261,75979
12	CS- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,19	10,1	0,10127	1,00000	0,00805	20,700	20,800	0,20750	2,04905	3,74000	0,00167	2237,91403	21906,68151	271,99047
13	CS- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,13	10,10	10,12	0,10117	1,00000	0,00804	20,900	20,800	0,20850	2,06096	3,70000	0,00168	2207,71857	21267,85626	264,58118
14	CS- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,05	10,13	0,10070	1,00000	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	3,69000	0,00166	2227,54772	21269,68451	267,06208
15	CS- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,05	10,1	0,10077	1,00000	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	3,68000	0,00166	2218,57250	21846,62489	273,94330





Tabla 104: Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto simple

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)																		
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	Longitud de brique ta		Promedio de Longitudes(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)								
1	CS- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,25	10,15	0,10	1,00	0,00812	20,90	20,86	0,2088	2,05	3,78	0,00169	2230,114	19600,51682	241,45	114,9744068
2	CS- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,05	10,11	0,10	1,00	0,00800	20,90	20,87	0,20885	2,07	3,72	0,00167	2226,190	22324,49925	279,01	132,8627747
3	CS- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,12	10,16	0,10	1,00	0,00805	20,90	20,86	0,2088	2,06	3,7	0,00168	2200,195	21550,52627	267,57	127,4135671
4	CS- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,12	10,15	0,10	1,00	0,00808	20,80	20,83	0,20815	2,05	3,79	0,00168	2253,328	21200,68091	262,36	124,9335953
5	CS- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,05	10,12	0,10	1,00	0,00802	20,75	20,73	0,2074	2,05	3,75	0,00166	2253,874	21555,85918	268,69	127,9499962
6	CS- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,15	10,10	0,10	1,00	0,00804	20,90	20,88	0,2089	2,06	3,78	0,00168	2251,134	21560,41357	268,22	127,7241525
7	CS- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,19	10,13	10,04	0,10	1,00	0,00804	20,80	20,81	0,20805	2,06	3,72	0,00167	2222,988	20146,62935	250,47	119,2702681
8	CS- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,09	10,15	0,10	1,00	0,00803	21,30	20,00	0,2065	2,04	3,7	0,00166	2230,570	21830,98472	271,77	129,4122852
9	CS- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,15	10,05	0,10	1,00	0,00804	21,20	20,90	0,2105	2,08	3,81	0,00169	2251,754	22010,64473	273,82	130,3913274
10	CS- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,09	10,07	10,08	0,10	1,00	0,00798	21,00	21,90	0,2145	2,13	3,89	0,00171	2272,606	21434,97422	268,60	127,9065324
11	CS- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,18	10,12	0,10	1,00	0,00810	20,90	20,90	0,209	2,06	3,75	0,00169	2216,106	22481,20044	277,66	132,2187458
12	CS- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,08	10,13	0,10	1,00	0,00804	20,90	20,90	0,209	2,07	3,89	0,00168	2314,010	21426,68151	266,38	126,8483181
13	CS- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,13	10,05	0,10	1,00	0,00801	20,95	20,96	0,20955	2,07	3,76	0,00168	2239,651	21267,85626	265,46	126,4071946
14	CS- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,20	10,16	0,10	1,00	0,00812	20,97	21,00	0,20985	2,06	3,76	0,00170	2205,768	22369,68451	275,38	131,1320278
15	CS- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,06	10,18	0,10	1,00	0,00806	20,97	21,00	0,20985	2,07	3,78	0,00169	2235,048	21281,62489	264,06	125,7409442



- Del concreto autocompactable (CAC)

Tabla 105: Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto autocompactable.

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)																		
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros( m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección promedio(m2)	Longitud de brique ta		Promedio de longitud(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)								
1	CAC- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,100	10,070	0,10073	1,00000	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	3,51000	0,00167	2107,35328	27047,214	339,38000	161,60952
2	CAC- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,080	10,120	0,10107	1,00000	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	3,50000	0,00168	2087,51114	23660,400	294,92821	140,44201
3	CAC- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,020	10,050	0,10050	1,00000	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	3,49000	0,00165	2110,13466	27030,214	340,74342	162,25877
4	CAC- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,040	10,100	0,10073	1,00000	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	3,48500	0,00165	2112,55952	26330,210	330,38326	157,32536
5	CAC- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,100	10,100	10,060	0,10087	1,00000	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	3,45000	0,00167	2070,81177	26560,215	332,38879	158,28037
6	CAC- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,100	10,080	0,10090	1,00000	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	3,51000	0,00164	2136,17036	28860,214	360,93362	171,87315
7	CAC- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,110	10,080	0,10073	1,00000	0,00797	20,600	20,700	0,20650	2,04997	3,46000	0,00165	2102,48332	28840,214	361,87800	172,32286
8	CAC- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,050	10,090	0,10063	1,00000	0,00795	20,800	20,900	0,20850	2,07188	3,60000	0,00166	2170,87917	26810,214	337,07511	160,51196
9	CAC- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,130	10,090	0,10090	1,00000	0,00800	20,900	20,900	0,20900	2,07136	3,58000	0,00167	2142,28544	24420,214	305,40578	145,43132
10	CAC- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,110	10,080	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	3,46000	0,00167	2074,94375	28190,214	351,62450	167,44024
11	CAC- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,070	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,800	20,700	0,20750	2,05378	3,52000	0,00166	2116,01200	30950,214	386,05076	183,83370
12	CAC- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,290	10,100	0,10160	1,00000	0,00811	20,700	20,800	0,20750	2,04232	3,51000	0,00168	2086,52949	25710,214	317,12348	151,01118
13	CAC- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,130	10,100	10,150	0,10127	1,00000	0,00805	20,900	20,800	0,20850	2,05892	3,49000	0,00168	2078,30492	24950,214	309,77857	147,51360
14	CAC- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,050	10,130	0,10070	1,00000	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	3,48500	0,00166	2103,79507	29070,214	365,00550	173,81214
15	CAC- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,050	10,100	0,10077	1,00000	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	3,50000	0,00166	2110,05537	28770,214	360,76087	171,79089



Tabla 106: Toma de datos de volumen y peso de briquetas de concreto autocompactable.

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)																		
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	Longitud de brique ta		Promedio de Longitud(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)								
1	CAC- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,1300	10,0500	0,1010	1,0000	0,0080	20,9000	20,8600	0,2088	2,0673	3,4900	0,0017	2086,2921	25404,7646	317,0900	150,9952
2	CAC- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,0600	10,1000	0,1009	1,0000	0,0080	20,9000	20,8700	0,2089	2,0692	3,5000	0,0017	2094,5333	23953,4124	299,3700	142,5571
3	CAC- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,0200	10,0600	0,1006	1,0000	0,0079	20,9000	20,8600	0,2088	2,0755	3,5000	0,0017	2108,9414	27757,7942	349,2200	166,2952
4	CAC- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,1000	10,1500	0,1010	1,0000	0,0080	20,8000	20,8300	0,2082	2,0602	3,5800	0,0017	2145,3600	26498,2375	330,5200	157,3905
5	CAC- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1500	10,1600	0,1012	1,0000	0,0080	20,7500	20,7300	0,2074	2,0494	3,4900	0,0017	2092,0814	30674,2997	381,3500	181,5952
6	CAC- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3000	10,1000	0,1017	1,0000	0,0081	20,9000	20,8800	0,2089	2,0534	3,4700	0,0017	2043,5601	27226,7882	334,9500	159,5000
7	CAC- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0900	10,2300	10,1400	0,1015	1,0000	0,0081	20,8000	20,8100	0,2081	2,0491	3,5000	0,0017	2077,8106	28599,9156	353,2300	168,2048
8	CAC- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2500	10,1500	0,1016	1,0000	0,0081	21,3000	20,0000	0,2065	2,0325	3,4800	0,0017	2078,7138	29332,2825	361,8000	172,2857
9	CAC- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3500	10,1500	0,1021	1,0000	0,0082	21,2000	20,9000	0,2105	2,0624	3,4900	0,0017	2026,4150	28136,1495	343,8800	163,7524
10	CAC- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,3000	10,1500	0,1017	1,0000	0,0081	21,0000	21,9000	0,2145	2,1098	3,5100	0,0017	2015,7914	28982,7504	357,0200	170,0095
11	CAC- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,2800	10,2600	0,1021	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0463	3,5000	0,0017	2044,1355	27285,6517	333,0500	158,5952
12	CAC- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2800	10,3000	0,1022	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0450	3,4900	0,0017	2035,6367	28450,8867	346,8200	165,1524
13	CAC- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,2300	10,2500	0,1018	1,0000	0,0081	20,9500	20,9600	0,2096	2,0584	3,4600	0,0017	2028,6905	28772,3183	353,5000	168,3333
14	CAC- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1600	10,2000	0,1014	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0702	3,4900	0,0017	2060,8627	30182,2641	374,0000	178,0952
15	CAC- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,2600	10,0800	0,1015	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0668	3,5000	0,0017	2059,9881	21182,5437	261,6200	124,5810

**Análisis:** El concreto autocompactable tiene una menor densidad en comparación al concreto simple a la edad de los 28 días.



**3.6.5.3. Correlación de la resistencia según dimensiones de las muestras cilíndricas.**

**3.6.5.3.1. Procesamiento de datos para el análisis de condición de longitud -diámetro NTP 339.034.**

De acuerdo a la NTP 339.034 (Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto 2da. ed., 1999) método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1.75 o menor, corregir el resultado de la resistencia por un apropiado factor de corrección mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 107: *Factor de corrección para la resistencia*

L/D	1.75	1.50	1.25	1.0
FACTOR	0.98	0.96	0.93	0.87

**3.6.5.4. Análisis de datos para determinar la resistencia a la compresión.**

**3.6.5.4.1. Aceptación de briquetas.**



a. Aceptación de briquetas de concreto simple (CS).

Tabla 108: Aceptación de briquetas a los 28 días del concreto simple (CS)

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)																		
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	longitud de brique ta		Promedio de longitudes(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)								
1	CS- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,10	10,07	0,10073	1,00000	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	3,72000	0,00167	2233,43424	19679,51682	246,93244	117,58687
2	CS- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,08	10,12	0,10107	1,00000	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	3,78000	0,00168	2254,51203	22124,49925	275,78312	131,32530
3	CS- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,02	10,05	0,10050	1,00000	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	3,85000	0,00165	2327,79898	21330,52627	268,89304	128,04431
4	CS- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,04	10,1	0,10073	1,00000	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	3,92000	0,00165	2376,25059	20700,68091	259,74568	123,68842
5	CS- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,10	10,10	10,06	0,10087	1,00000	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	3,87000	0,00167	2322,91060	21555,85918	269,76159	128,45790
6	CS- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,10	10,08	0,10090	1,00000	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	3,74000	0,00164	2276,14734	21560,41357	269,64034	128,40016
7	CS- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,11	10,12	0,10087	1,00000	0,00799	20,600	20,700	0,20650	2,04726	3,80000	0,00165	2302,98511	20146,62935	252,12573	120,05987
8	CS- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,08	10,09	0,10073	1,00000	0,00797	20,800	20,900	0,20850	2,06982	3,75000	0,00166	2256,84496	22530,98472	282,71176	134,62465
9	CS- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,13	10,09	0,10113	1,00000	0,00803	20,900	20,900	0,20900	2,06658	3,72000	0,00168	2215,80194	22010,64473	274,00232	130,47729
10	CS- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,11	10,08	10,12	0,10103	1,00000	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	3,69000	0,00167	2212,87354	21834,97422	272,35380	129,69229
11	CS- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,10	10,12	0,10113	1,00000	0,00803	20,800	20,700	0,20750	2,05175	3,75000	0,00167	2249,81833	21027,20044	261,75979	124,64752
12	CS- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,19	10,1	0,10127	1,00000	0,00805	20,700	20,800	0,20750	2,04905	3,74000	0,00167	2237,91403	21906,68151	271,99047	129,51927
13	CS- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,13	10,10	10,12	0,10117	1,00000	0,00804	20,900	20,800	0,20850	2,06096	3,70000	0,00168	2207,71857	21267,85626	264,58118	125,99104
14	CS- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,05	10,13	0,10070	1,00000	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	3,69000	0,00166	2227,54772	21269,68451	267,06208	127,17242
15	CS- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,05	10,1	0,10077	1,00000	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	3,68000	0,00166	2218,57250	21846,62489	273,94330	130,44919



Tabla 109: Aceptación de briquetas a los 28 días del concreto simple (CS)

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)																		
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	Longitud de brique ta		Promedio de Longitudes(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)								
1	CS- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,25	10,15	0,10	1,00	0,00812	20,90	20,86	0,2088	2,05	3,78	0,00169	2230,114	19600,51682	241,45	114,9744068
2	CS- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,05	10,11	0,10	1,00	0,00800	20,90	20,87	0,20885	2,07	3,72	0,00167	2226,190	22324,49925	279,01	132,8627747
3	CS- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,12	10,16	0,10	1,00	0,00805	20,90	20,86	0,2088	2,06	3,7	0,00168	2200,195	21550,52627	267,57	127,4135671
4	CS- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,12	10,15	0,10	1,00	0,00808	20,80	20,83	0,20815	2,05	3,79	0,00168	2253,328	21200,68091	262,36	124,9335953
5	CS- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,05	10,12	0,10	1,00	0,00802	20,75	20,73	0,2074	2,05	3,75	0,00166	2253,874	21555,85918	268,69	127,9499962
6	CS- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,15	10,10	0,10	1,00	0,00804	20,90	20,88	0,2089	2,06	3,78	0,00168	2251,134	21560,41357	268,22	127,7241525
7	CS- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,19	10,13	10,04	0,10	1,00	0,00804	20,80	20,81	0,20805	2,06	3,72	0,00167	2222,988	20146,62935	250,47	119,2702681
8	CS- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,09	10,15	0,10	1,00	0,00803	21,30	20,00	0,2065	2,04	3,7	0,00166	2230,570	21830,98472	271,77	129,4122852
9	CS- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,15	10,05	0,10	1,00	0,00804	21,20	20,90	0,2105	2,08	3,81	0,00169	2251,754	22010,64473	273,82	130,3913274
10	CS- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,09	10,07	10,08	0,10	1,00	0,00798	21,00	21,90	0,2145	2,13	3,89	0,00171	2272,606	21434,97422	268,60	127,9065324
11	CS- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,18	10,12	0,10	1,00	0,00810	20,90	20,90	0,209	2,06	3,75	0,00169	2216,106	22481,20044	277,66	132,2187458
12	CS- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,08	10,13	0,10	1,00	0,00804	20,90	20,90	0,209	2,07	3,89	0,00168	2314,010	21426,68151	266,38	126,8483181
13	CS- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,13	10,05	0,10	1,00	0,00801	20,95	20,96	0,20955	2,07	3,76	0,00168	2239,651	21267,85626	265,46	126,4071946
14	CS- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,20	10,16	0,10	1,00	0,00812	20,97	21,00	0,20985	2,06	3,76	0,00170	2205,768	22369,68451	275,38	131,1320278
15	CS- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,06	10,18	0,10	1,00	0,00806	20,97	21,00	0,20985	2,07	3,78	0,00169	2235,048	21281,62489	264,06	125,7409442





**b. Aceptación de briquetas de concreto autocompactable.**

Tabla 110: *Aceptación de briquetas a los 28 días del concreto autocompactable*

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)																		
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros( m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección promedio(m2)	Longitud de brique ta		Promedio de longitud(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)								
1	CAC- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,100	10,070	0,10073	1,00000	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	3,51000	0,00167	2107,35328	27047,214	339,38000	161,60952
2	CAC- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,080	10,120	0,10107	1,00000	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	3,50000	0,00168	2087,51114	23660,400	294,92821	140,44201
3	CAC- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,020	10,050	0,10050	1,00000	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	3,49000	0,00165	2110,13466	27030,214	340,74342	162,25877
4	CAC- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,040	10,100	0,10073	1,00000	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	3,48500	0,00165	2112,55952	26330,210	330,38326	157,32536
5	CAC- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,100	10,100	10,060	0,10087	1,00000	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	3,45000	0,00167	2070,81177	26560,215	332,38879	158,28037
6	CAC- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,100	10,080	0,10090	1,00000	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	3,51000	0,00164	2136,17036	28860,214	360,93362	171,87315
7	CAC- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,110	10,080	0,10073	1,00000	0,00797	20,600	20,700	0,20650	2,04997	3,46000	0,00165	2102,48332	28840,214	361,87800	172,32286
8	CAC- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,050	10,090	0,10063	1,00000	0,00795	20,800	20,900	0,20850	2,07188	3,60000	0,00166	2170,87917	26810,214	337,07511	160,51196
9	CAC- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,130	10,090	0,10090	1,00000	0,00800	20,900	20,900	0,20900	2,07136	3,58000	0,00167	2142,28544	24420,214	305,40578	145,43132
10	CAC- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,110	10,080	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	3,46000	0,00167	2074,94375	28190,214	351,62450	167,44024
11	CAC- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,070	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,800	20,700	0,20750	2,05378	3,52000	0,00166	2116,01200	30950,214	386,05076	183,83370
12	CAC- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,290	10,100	0,10160	1,00000	0,00811	20,700	20,800	0,20750	2,04232	3,51000	0,00168	2086,52949	25710,214	317,12348	151,01118
13	CAC- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,130	10,100	10,150	0,10127	1,00000	0,00805	20,900	20,800	0,20850	2,05892	3,49000	0,00168	2078,30492	24950,214	309,77857	147,51360
14	CAC- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,050	10,130	0,10070	1,00000	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	3,48500	0,00166	2103,79507	29070,214	365,00550	173,81214
15	CAC- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,050	10,100	0,10077	1,00000	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	3,50000	0,00166	2110,05537	28770,214	360,76087	171,79089



Tabla 111: Aceptación de briquetas a los 28 días del concreto autocompactable

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)																		
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de briqueta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m <sup>2</sup> )	Longitud de briqueta		Promedio de Longitud(m)	L/D factor	Peso (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% Alcansado (kg/cm <sup>2</sup> )
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)								
1	CAC- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,1300	10,0500	0,1010	1,0000	0,0080	20,9000	20,8600	0,2088	2,0673	3,4900	0,0017	2086,2921	25404,7646	317,0900	150,9952
2	CAC- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,0600	10,1000	0,1009	1,0000	0,0080	20,9000	20,8700	0,2089	2,0692	3,5000	0,0017	2094,5333	23953,4124	299,3700	142,5571
3	CAC- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,0200	10,0600	0,1006	1,0000	0,0079	20,9000	20,8600	0,2088	2,0755	3,5000	0,0017	2108,9414	27757,7942	349,2200	166,2952
4	CAC- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,1000	10,1500	0,1010	1,0000	0,0080	20,8000	20,8300	0,2082	2,0602	3,5800	0,0017	2145,3600	26498,2375	330,5200	157,3905
5	CAC- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1500	10,1600	0,1012	1,0000	0,0080	20,7500	20,7300	0,2074	2,0494	3,4900	0,0017	2092,0814	30674,2997	381,3500	181,5952
6	CAC- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3000	10,1000	0,1017	1,0000	0,0081	20,9000	20,8800	0,2089	2,0534	3,4700	0,0017	2043,5601	27226,7882	334,9500	159,5000
7	CAC- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0900	10,2300	10,1400	0,1015	1,0000	0,0081	20,8000	20,8100	0,2081	2,0491	3,5000	0,0017	2077,8106	28599,9156	353,2300	168,2048
8	CAC- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2500	10,1500	0,1016	1,0000	0,0081	21,3000	20,0000	0,2065	2,0325	3,4800	0,0017	2078,7138	29332,2825	361,8000	172,2857
9	CAC- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3500	10,1500	0,1021	1,0000	0,0082	21,2000	20,9000	0,2105	2,0624	3,4900	0,0017	2026,4150	28136,1495	343,8800	163,7524
10	CAC- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,3000	10,1500	0,1017	1,0000	0,0081	21,0000	21,9000	0,2145	2,1098	3,5100	0,0017	2015,7914	28982,7504	357,0200	170,0095
11	CAC- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,2800	10,2600	0,1021	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0463	3,5000	0,0017	2044,1355	27285,6517	333,0500	158,5952
12	CAC- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2800	10,3000	0,1022	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0450	3,4900	0,0017	2035,6367	28450,8867	346,8200	165,1524
13	CAC- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,2300	10,2500	0,1018	1,0000	0,0081	20,9500	20,9600	0,2096	2,0584	3,4600	0,0017	2028,6905	28772,3183	353,5000	168,3333
14	CAC- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1600	10,2000	0,1014	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0702	3,4900	0,0017	2060,8627	30182,2641	374,0000	178,0952
15	CAC- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,2600	10,0800	0,1015	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0668	3,5000	0,0017	2059,9881	21182,5437	261,6200	124,5810



3.6.5.5. Análisis de datos de resistencia a la compresión.

3.6.5.5.1. Análisis de datos del concreto simple (CS).

Tabla 112: Análisis de datos de briquetas a los 28 días del concreto simple (CS)

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)															
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	longitud de brique ta		Promedio de longitudes(m)	L/D factor	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CS- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,10	10,07	0,10073	1,00000	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	19679,51682	246,93244	117,58687
2	CS- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,08	10,12	0,10107	1,00000	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	22124,49925	275,78312	131,32530
3	CS- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,02	10,05	0,10050	1,00000	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	21330,52627	268,89304	128,04431
4	CS- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,04	10,1	0,10073	1,00000	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	20700,68091	259,74568	123,68842
5	CS- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,10	10,10	10,06	0,10087	1,00000	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	21555,85918	269,76159	128,45790
6	CS- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,10	10,08	0,10090	1,00000	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	21560,41357	269,64034	128,40016
7	CS- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,11	10,12	0,10087	1,00000	0,00799	20,600	20,700	0,20650	2,04726	20146,62935	252,12573	120,05987
8	CS- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,05	10,08	10,09	0,10073	1,00000	0,00797	20,800	20,900	0,20850	2,06982	22530,98472	282,71176	134,62465
9	CS- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,13	10,09	0,10113	1,00000	0,00803	20,900	20,900	0,20900	2,06658	22010,64473	274,00232	130,47729
10	CS- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,11	10,08	10,12	0,10103	1,00000	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	21834,97422	272,35380	129,69229
11	CS- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,12	10,10	10,12	0,10113	1,00000	0,00803	20,800	20,700	0,20750	2,05175	21027,20044	261,75979	124,64752
12	CS- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,09	10,19	10,1	0,10127	1,00000	0,00805	20,700	20,800	0,20750	2,04905	21906,68151	271,99047	129,51927
13	CS- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,13	10,10	10,12	0,10117	1,00000	0,00804	20,900	20,800	0,20850	2,06096	21267,85626	264,58118	125,99104
14	CS- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,03	10,05	10,13	0,10070	1,00000	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	21269,68451	267,06208	127,17242
15	CS- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,08	10,05	10,1	0,10077	1,00000	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	21846,62489	273,94330	130,44919



Tabla 113: Análisis de datos de briquetas a los 28 días del concreto simple (CS)

TIPO DE CONCRETO		Concreto simple (CS)															
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de briqueta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	Longitud de briqueta		Promedio de Longitudes(m)	L/D factor	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CS- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,25	10,15	0,10	1,00	0,00812	20,90	20,86	0,2088	2,05	19600,51682	241,45	114,9744068
2	CS- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,05	10,11	0,10	1,00	0,00800	20,90	20,87	0,20885	2,07	22324,49925	279,01	132,8627747
3	CS- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,12	10,16	0,10	1,00	0,00805	20,90	20,86	0,2088	2,06	21550,52627	267,57	127,4135671
4	CS- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,12	10,15	0,10	1,00	0,00808	20,80	20,83	0,20815	2,05	21200,68091	262,36	124,9335953
5	CS- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,05	10,12	0,10	1,00	0,00802	20,75	20,73	0,2074	2,05	21555,85918	268,69	127,9499962
6	CS- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,15	10,10	0,10	1,00	0,00804	20,90	20,88	0,2089	2,06	21560,41357	268,22	127,7241525
7	CS- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,19	10,13	10,04	0,10	1,00	0,00804	20,80	20,81	0,20805	2,06	20146,62935	250,47	119,2702681
8	CS- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,10	10,09	10,15	0,10	1,00	0,00803	21,30	20,00	0,2065	2,04	21830,98472	271,77	129,4122852
9	CS- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,15	10,05	0,10	1,00	0,00804	21,20	20,90	0,2105	2,08	22010,64473	273,82	130,3913274
10	CS- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,09	10,07	10,08	0,10	1,00	0,00798	21,00	21,90	0,2145	2,13	21434,97422	268,60	127,9065324
11	CS- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,16	10,18	10,12	0,10	1,00	0,00810	20,90	20,90	0,209	2,06	22481,20044	277,66	132,2187458
12	CS- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,08	10,13	0,10	1,00	0,00804	20,90	20,90	0,209	2,07	21426,68151	266,38	126,8483181
13	CS- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,12	10,13	10,05	0,10	1,00	0,00801	20,95	20,96	0,20955	2,07	21267,85626	265,46	126,4071946
14	CS- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,20	10,16	0,10	1,00	0,00812	20,97	21,00	0,20985	2,06	22369,68451	275,38	131,1320278
15	CS- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,15	10,06	10,18	0,10	1,00	0,00806	20,97	21,00	0,20985	2,07	21281,62489	264,06	125,7409442



3.6.5.5.2. Análisis de datos del concreto autocompactable (CAC).

Tabla 114: Análisis de datos de briquetas a los 28 días del concreto autocompactable (CAC)

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)															
N° de brique ta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de brique ta			Promedio de diámetros( m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección promedio(m2)	Longitud de brique ta		Promedio de longitud(m)	L/D factor	maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CAC- 01	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,100	10,070	0,10073	1,00000	0,00797	20,900	20,900	0,20900	2,07478	27047,214	339,38000	161,60952
2	CAC- 02	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,080	10,120	0,10107	1,00000	0,00802	20,900	20,900	0,20900	2,06794	23660,400	294,92821	140,44201
3	CAC- 03	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,020	10,050	0,10050	1,00000	0,00793	20,800	20,900	0,20850	2,07463	27030,214	340,74342	162,25877
4	CAC- 04	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,040	10,100	0,10073	1,00000	0,00797	20,700	20,700	0,20700	2,05493	26330,210	330,38326	157,32536
5	CAC- 05	12/11/2018	10/12/2018	28	10,100	10,100	10,060	0,10087	1,00000	0,00799	20,800	20,900	0,20850	2,06709	26560,215	332,38879	158,28037
6	CAC- 06	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,100	10,080	0,10090	1,00000	0,00800	20,500	20,600	0,20550	2,03667	28860,214	360,93362	171,87315
7	CAC- 07	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,110	10,080	0,10073	1,00000	0,00797	20,600	20,700	0,20650	2,04997	28840,214	361,87800	172,32286
8	CAC- 08	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,050	10,090	0,10063	1,00000	0,00795	20,800	20,900	0,20850	2,07188	26810,214	337,07511	160,51196
9	CAC- 09	12/11/2018	10/12/2018	28	10,050	10,130	10,090	0,10090	1,00000	0,00800	20,900	20,900	0,20900	2,07136	24420,214	305,40578	145,43132
10	CAC- 10	12/11/2018	10/12/2018	28	10,110	10,080	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,900	20,700	0,20800	2,05873	28190,214	351,62450	167,44024
11	CAC- 11	12/11/2018	10/12/2018	28	10,120	10,070	10,120	0,10103	1,00000	0,00802	20,800	20,700	0,20750	2,05378	30950,214	386,05076	183,83370
12	CAC- 12	12/11/2018	10/12/2018	28	10,090	10,290	10,100	0,10160	1,00000	0,00811	20,700	20,800	0,20750	2,04232	25710,214	317,12348	151,01118
13	CAC- 13	12/11/2018	10/12/2018	28	10,130	10,100	10,150	0,10127	1,00000	0,00805	20,900	20,800	0,20850	2,05892	24950,214	309,77857	147,51360
14	CAC- 14	12/11/2018	10/12/2018	28	10,030	10,050	10,130	0,10070	1,00000	0,00796	20,800	20,800	0,20800	2,06554	29070,214	365,00550	173,81214
15	CAC- 15	12/11/2018	10/12/2018	28	10,080	10,050	10,100	0,10077	1,00000	0,00797	20,800	20,800	0,20800	2,06417	28770,214	360,76087	171,79089



Tabla 115: Análisis de datos de briquetas a los 28 días del concreto autocompactable (CAC)

TIPO DE CONCRETO		Concreto autocompactable (CAC)															
N° de briqueta	Código	Fecha		Edad (días)	Diámetros de briqueta			Promedio de diámetros(m)	NTP 339.04 max. 2%	Area de la sección (m2)	Longitud de briqueta		Promedio de Longitud(m)	L/D factor	Maxima fuerza aplicada (kg-f)	Resistencia (kg/cm2)	% Alcansado (kg/cm2)
		Elabo.	Rotura		D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)					
1	CAC- 16	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,1300	10,0500	0,1010	1,0000	0,0080	20,9000	20,8600	0,2088	2,0673	25404,7646	317,0900	150,9952
2	CAC- 17	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,0600	10,1000	0,1009	1,0000	0,0080	20,9000	20,8700	0,2089	2,0692	23953,4124	299,3700	142,5571
3	CAC- 18	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,0200	10,0600	0,1006	1,0000	0,0079	20,9000	20,8600	0,2088	2,0755	27757,7942	349,2200	166,2952
4	CAC- 19	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,1000	10,1500	0,1010	1,0000	0,0080	20,8000	20,8300	0,2082	2,0602	26498,2375	330,5200	157,3905
5	CAC- 20	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1500	10,1600	0,1012	1,0000	0,0080	20,7500	20,7300	0,2074	2,0494	30674,2997	381,3500	181,5952
6	CAC- 21	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3000	10,1000	0,1017	1,0000	0,0081	20,9000	20,8800	0,2089	2,0534	27226,7882	334,9500	159,5000
7	CAC- 22	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0900	10,2300	10,1400	0,1015	1,0000	0,0081	20,8000	20,8100	0,2081	2,0491	28599,9156	353,2300	168,2048
8	CAC- 23	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2500	10,1500	0,1016	1,0000	0,0081	21,3000	20,0000	0,2065	2,0325	29332,2825	361,8000	172,2857
9	CAC- 24	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,3500	10,1500	0,1021	1,0000	0,0082	21,2000	20,9000	0,2105	2,0624	28136,1495	343,8800	163,7524
10	CAC- 25	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,3000	10,1500	0,1017	1,0000	0,0081	21,0000	21,9000	0,2145	2,1098	28982,7504	357,0200	170,0095
11	CAC- 26	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1000	10,2800	10,2600	0,1021	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0463	27285,6517	333,0500	158,5952
12	CAC- 27	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0800	10,2800	10,3000	0,1022	1,0000	0,0082	20,9000	20,9000	0,2090	2,0450	28450,8867	346,8200	165,1524
13	CAC- 28	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0600	10,2300	10,2500	0,1018	1,0000	0,0081	20,9500	20,9600	0,2096	2,0584	28772,3183	353,5000	168,3333
14	CAC- 29	13/11/2018	11/12/2018	28	10,0500	10,1600	10,2000	0,1014	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0702	30182,2641	374,0000	178,0952
15	CAC- 30	13/11/2018	11/12/2018	28	10,1200	10,2600	10,0800	0,1015	1,0000	0,0081	20,9700	21,0000	0,2099	2,0668	21182,5437	261,6200	124,5810



**3.6.5.5.3. Análisis de datos comparativos para determinar la resistencia a la compresión.**

Tabla 116: Análisis de datos comparativos para determinar la resistencia a compresión del concreto simple (CS) y concreto autocompactable (CAC).

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) versus velocidad de pulso ultrasonico (m/s)						
N° de concretos	Código de concretos	Fecha		Edad (días)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
		Elabo.	Rotura			
1	CS	13/11/2018	11/12/2018	28	2250,82	267,07
2	CAC	13/11/2018	11/12/2018	28	2086,955	339,696

Análisis: El concreto autocompactable (CAC) tiene una mejor resistencia a compresión en comparación del con concreto simple (CS) a la edad de los 28 días.

**3.6.5.6. Análisis de datos del Ensayo de uniformidad de concreto de probetas cilíndricas de concreto simple de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable en función a la velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597)**

a) Análisis de datos del concreto simple (CS) de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

- Análisis de datos por Exploración por líneas:

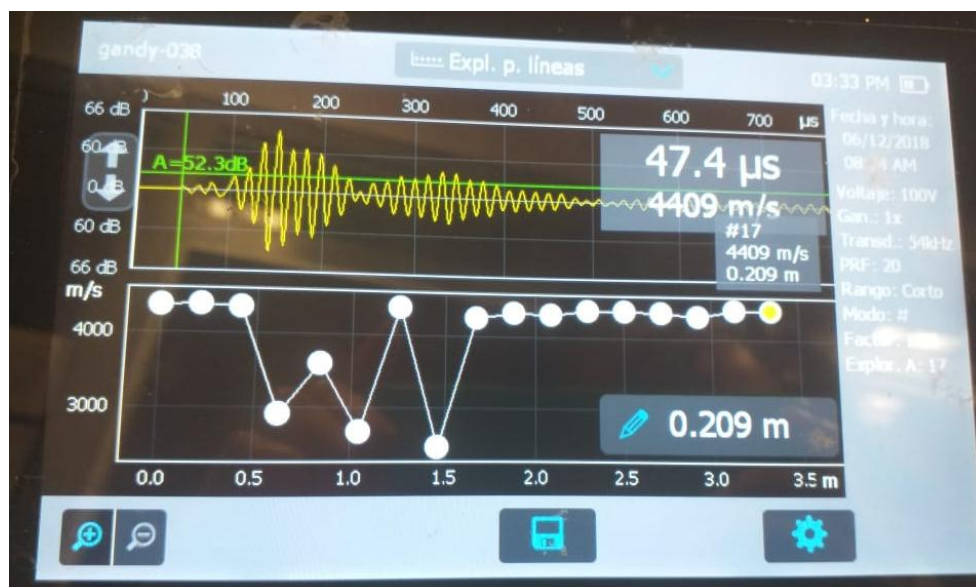


Figura 113: Exploración por líneas del concreto simple

- **Análisis de datos por exploración de área:**

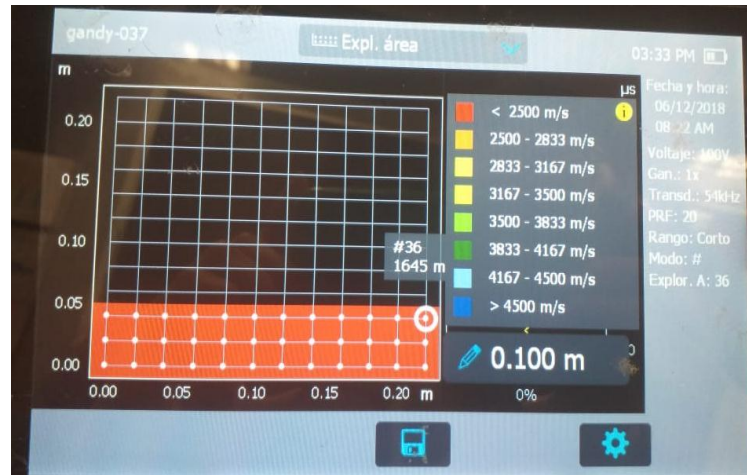


Figura 114: Exploración por área del concreto simple

**b) Toma de datos del concreto autocompactable (CAC).**

- **Análisis de datos por exploración por líneas:**

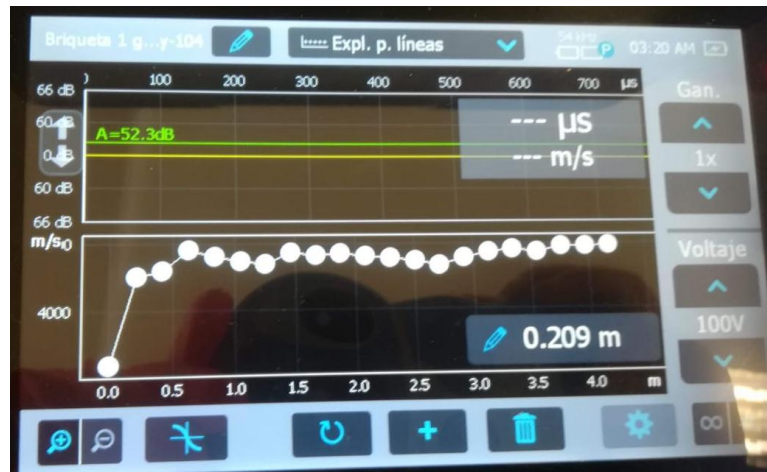


Figura 115: Exploración por línea del concreto autocompactable

- **Análisis de datos por exploración de área:**



Figura 116: Exploración por área del concreto autocompactable

**Análisis:**

- **Por exploración por líneas:**

En el ensayo por exploración por líneas se puede observar en los gráficos que el concreto autocompactable tiene mayor uniformidad de velocidades de pulso ultrasónico con respecto al concreto simple a la edad de los 28 días.

- **Por exploración de área:**

En el ensayo por exploración por áreas se puede observar en el grafico por clasificación de colores que el concreto autocompactable tiene mayor uniformidad de velocidades de pulso ultrasónico con respecto al concreto simple así como presenta mayores resultados de velocidades de pulso ultrasónico a la edad de los 28 días.

### 3.6.5.7. Análisis de datos del ensayo de clasificación de la calidad de resistencia de concreto simple de $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable en función a la velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597)

- **Concreto simple (CS):**

Tabla 117: Cuadro de clasificación de promedios de velocidad de pulso ultrasónico de cada briqueta del concreto simple.

Concreto simple ( CS)					
Nº de briqueta	Velocidad de pulso (m/s)	Clasificación de la velocidad de pulso	Nº de briqueta	Velocidad de pulso (m/s)	Clasificación de la velocidad de pulso
1	3985,00	buena	16	3987,00	buena
2	4299,90	buena	17	4399,00	buena
3	4240,00	buena	18	4237,00	buena
4	4100,00	buena	19	3999,90	buena
5	4265,00	buena	20	4239,00	buena
6	4265,90	buena	21	4237,00	buena
7	4095,00	buena	22	4004,00	buena
8	4389,00	buena	23	4267,00	buena
9	4288,00	buena	24	4217,00	buena
10	4279,00	buena	25	4210,00	buena
11	4236,00	buena	26	4320,00	buena
12	4278,00	buena	27	4178,00	buena
13	4238,00	buena	28	4156,00	buena
14	4242,00	buena	29	4298,00	buena
15	4268,00	buena	30	4234,00	buena

- **Concreto autocompactable (CAC):**

Tabla 118: Cuadro de clasificación de promedios de velocidad de pulso ultrasónico de cada briqueta del concreto autocompactable.

Concreto Autocompactable (CAC)					
Nº de briqueta	Velocidad de pulso (m/s)	Clasificación de la velocidad de pulso	Nº de briqueta	Velocidad de pulso (m/s)	Clasificación de la velocidad de pulso
1	4539,23	Excelente	16	4499,34	buena
2	4536,34	Excelente	17	4498,56	buena
3	4538,00	Excelente	18	4578,00	Excelente
4	4499,89	Excelente	19	4499,87	buena
5	4583,20	Excelente	20	4537,64	Excelente
6	4585,34	Excelente	21	4529,00	Excelente
7	4502,23	Excelente	22	4639,46	Excelente
8	4537,00	Excelente	23	4638,78	Excelente
9	4597,00	Excelente	24	4541,65	Excelente
10	4574,65	Excelente	25	4629,45	Excelente
11	4574,23	Excelente	26	4528,88	Excelente
12	4531,23	Excelente	27	4541,00	Excelente
13	4550,34	Excelente	28	4640,67	Excelente
14	4499,00	buena	29	4641,56	Excelente
15	4578,99	Excelente	30	4517,00	Excelente

**Análisis:**

En la clasificación de la calidad de resistencia del concreto en función de la velocidad de pulso ultrasónico según el manual del PL-200 el concreto simple de  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable se encuentran entre: “buena y Excelente” respectivamente. Mostrando que el concreto autocompactable presenta una mejor calidad de resistencia en función de la velocidad de pulso ultrasónico con respecto al concreto simple a la edad de los 28 días.

4'500 m/s: Excelente

3'500 – 4'500 m/s: Buena

3'000 – 3'500 m/s: Mediana

< 3'000 m/s: Dudosa

**3.6.6. Análisis de datos de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de trasmisión y resistencia a la compresión por el criterio de Chauvenet.**



**3.6.6.1. Análisis de datos de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión y resistencia a la compresión por el criterio de Chauvenet del Concreto.**

Ver apéndices 1: datos de la velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión y resistencia a la compresión por el criterio de Chauvenet del concreto

**3.6.6.1.1. Análisis de datos de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión y resistencia a la compresión por el criterio de Chauvenet del Concreto autocompactable.**



Ver apéndices 2: datos de la velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión y resistencia a la compresión por el criterio de Chauvenet del concreto autocompactable

**3.6.6.1.2. Análisis de datos de los promedios y dispersión de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión y resistencia a la compresión.**

- a. Cuadro de promedios en el concreto simple de calidad  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión, resistencia a compresión PL-200 y resistencia a compresión máquina.





Tabla 119: Cuadro de promedios del concreto simple de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión y resistencia a compresión.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
								
ENSAYO DE RESISTENCIA IN SITU PARA LA DETERMINACION DE VELOCIDAD DE PULSO CON PROMEDIOS DE CADA								
NOMBRE DE LA TESIS:		“ ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO DE RESISTENCIA $f_c=210$ Kg/CM <sup>2</sup> Y CONCRETO AUTOCOMPACTABLE EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO - CUSCO 2019”						
TESISTAS:		Bach. Chavez Cusi, Danae Gandy Bach. Soncco Romero ,Stacy Beatriz						
LABORATORIO:		Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco						
TIPO DE CONCRETO		CONCRETO SIMPE $f_c$ 210						
N°	Código	Fecha	Edad (días)	tiempo de transmisión	velocidad de pulso	resistencia a la compresion pundit	Resistencia a la compresion con la maquina a compresion	observacion
		Elabo. De ensayo		us (micro segundos)		(m/s)		
1	cs- 1	13/11/2018	28	35,12	3985,00	238.3	246.93	
2	cs- 2	13/11/2018	28	35,46	4299,90	260.4	275.78	
3	cs- 3	13/11/2018	28	35,25	4240,00	242.7	268.89	
4	cs- 4	13/11/2018	28	35,84	4100,00	250.10	259.75	
5	cs- 5	13/11/2018	28	34,91	4265,00	243.00	269.76	
6	cs- 6	13/11/2018	28	34,87	4265,90	238.70	269.64	
7	cs- 7	13/11/2018	28	34,62	4095,00	247.00	252.13	
8	cs- 8	13/11/2018	28	35,00	4389,00	270.00	282.71	
9	cs- 9	13/11/2018	28	35,76	4288,00	260.00	274.00	
10	cs- 10	13/11/2018	28	35,33	4279,00	257.00	272.35	
11	cs- 11	13/11/2018	28	33,20	4236,00	239.00	261.76	
12	cs- 12	13/11/2018	28	35,12	4278,00	258.00	271.99	
13	cs- 13	13/11/2018	28	33,99	4238,00	242.00	264.58	
14	cs- 14	13/11/2018	28	35,11	4242,00	242.00	267.06	
15	cs- 15	13/11/2018	28	34,46	4268,00	255.00	273.94	
16	cs- 16	13/11/2018	28	32,55	3987,00	235.47	241.45	
17	cs- 17	13/11/2018	28	39,00	4399,00	267.00	279.01	
18	cs- 18	13/11/2018	28	35,54	4237,00	241.00	267.57	
19	cs- 19	13/11/2018	28	33,78	3999,90	239.00	262.36	
20	cs- 20	13/11/2018	28	36,23	4239,00	242.00	268.69	
21	cs- 21	13/11/2018	28	36,23	4237,00	242.00	268.22	
22	cs- 22	13/11/2018	28	33,00	4004,00	239.00	250.47	
23	cs- 23	13/11/2018	28	35,71	4267,00	256.00	271.77	
24	cs- 24	13/11/2018	28	36,88	4217,00	258.00	273.82	
25	cs- 25	13/11/2018	28	34,33	4210,00	242.20	268.60	
26	cs- 26	13/11/2018	28	37,89	4320,00	257.99	277.66	
27	cs- 27	13/11/2018	28	35,40	4178,00	242.20	266.38	
28	cs- 28	13/11/2018	28	35,25	4156,00	254.00	265.46	
29	cs- 29	13/11/2018	28	36,65	4298,00	259.99	275.38	
30	cs- 30	13/11/2018	28	35,45	4234,00	242.00	264.06	

b. Cuadro de ensayos en el concreto autocompactable a los 28 días de tiempo de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión, resistencia a compresión PL-200 y resistencia a compresión máquina.



Tabla 120: Cuadro de promedios del concreto autocompactable de velocidad de pulso ultrasónico, tiempo de transmisión y resistencia a compresión.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>								
<b>ENSAYO DE RESISTENCIA IN SITU PARA LA DETERMINACION DE VELOCIDAD DE PULSO CON</b>								
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		“ ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO DE RESISTENCIA $f'_c=210 \text{ Kg/CM}^2$ Y CONCRETO AUTOCOMPACTABLE EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE						
<b>TESISTAS:</b>		Bach. Chavez Cusi , Danae Gandy Bach. Soncco Romero ,Stacy Beatriz						
<b>LABORATORIO:</b>		Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco						
<b>TIPO DE CONCRETO</b>		CONCRETO AUTOCOMPACTABLE						
N°	Código	Fecha Elabo. De ensayo	Edad (días)	us (micro segundos)	velocidad de pulso	resistencia a la compresio n	Resistenci a a la compresio n con la maquina a compresion	observacion
					(m/s)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
1	cac- 1	13/11/2018	28	36,45	4127.000	4539,23	339.390	
2	cac- 2	13/11/2018	28	32,20	4433.277	4536,34	337.390	
3	cac- 3	13/11/2018	28	38,60	4439.875	4538,00	340.390	
4	cac- 4	13/11/2018	28	36,18	4209.000	4499,89	339.390	
5	cac- 5	13/11/2018	28	34,00	4384.179	4583,20	338.390	
6	cac- 6	13/11/2018	28	34,23	4280.938	4585,34	338.390	
7	cac- 7	13/11/2018	28	36,40	4445.650	4502,23	339.390	
8	cac- 8	13/11/2018	28	38,53	4428.045	4537,00	340.390	
9	cac- 9	13/11/2018	28	34,62	4467.250	4597,00	338.390	
10	cac- 10	13/11/2018	28	32,37	4215.200	4574,65	337.390	
11	cac- 11	13/11/2018	28	32,67	4146.667	4574,23	337.390	
12	cac- 12	13/11/2018	28	31,00	4027.800	4531,23	333.390	
13	cac- 13	13/11/2018	28	31,27	4305.000	4550,34	335.390	
14	cac- 14	13/11/2018	28	36,45	4539.182	4499,00	339.390	
15	cac- 15	13/11/2018	28	35,99	4351.286	4578,99	339.390	
16	cac- 16	13/11/2018	28	30,12	4137.389	4499,34	317.390	
17	cac- 17	13/11/2018	28	27,12	3797.057	4498,56	313.390	
18	cac- 18	13/11/2018	28	42,30	4069.412	4578,00	349.390	
19	cac- 19	13/11/2018	28	29,88	4249.313	4499,87	330.390	
20	cac- 20	13/11/2018	28	45,87	4106.941	4537,64	340.390	
21	cac- 21	13/11/2018	28	31,40	4084.417	4529,00	334.390	
22	cac- 22	13/11/2018	28	47,00	3890.143	4639,46	353.390	
23	cac- 23	13/11/2018	28	46,00	3943.294	4638,78	352.390	
24	cac- 24	13/11/2018	28	42,12	3919.107	4541,65	343.390	
25	cac- 25	13/11/2018	28	42,00	4213.375	4629,45	354.390	
26	cac- 26	13/11/2018	28	31,12	3508.345	4528,88	333.390	
27	cac- 27	13/11/2018	28	42,22	3739.182	4541,00	346.390	
28	cac- 28	13/11/2018	28	47,00	3841.029	4640,67	353.390	
29	cac- 29	13/11/2018	28	41,00	4048.500	4641,56	354.390	
30	cac- 30	13/11/2018	28	31,80	3958.188	4517,00	323.390	

**3.6.6.2. Análisis de datos estadísticos de resultados obtenidos para encontrar un patrón de tendencia:**

**3.6.6.2.1. Análisis de datos estadísticos de resultados obtenidos para encontrar un patrón de tendencia del concreto simple de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y concreto autocompactable:** encontrar un patrón de tendencia que para cada caso ayude a determinar un cierto grado de confiabilidad de los menores valores de porcentaje residuales que representen el error en la estimación de la resistencia a a compresión entre lo esperado y lo obtenido.

**3.6.6.3. Análisis de evaluación del valor de confiabilidad.**

**3.6.6.3.1. Análisis de evaluación del valor de confiabilidad del concreto simple de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

**a. Modelo exponencial**

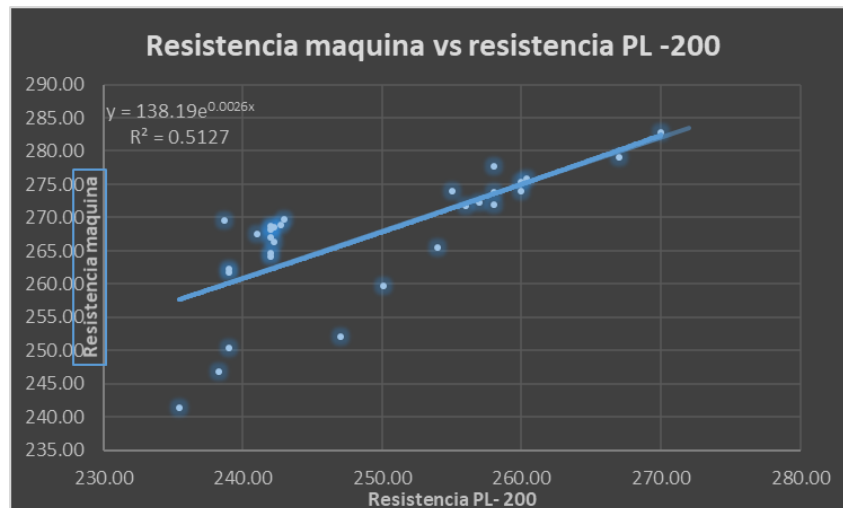


Figura 117: Modelo exponencial del concreto simple

**b. Modelo lineal**

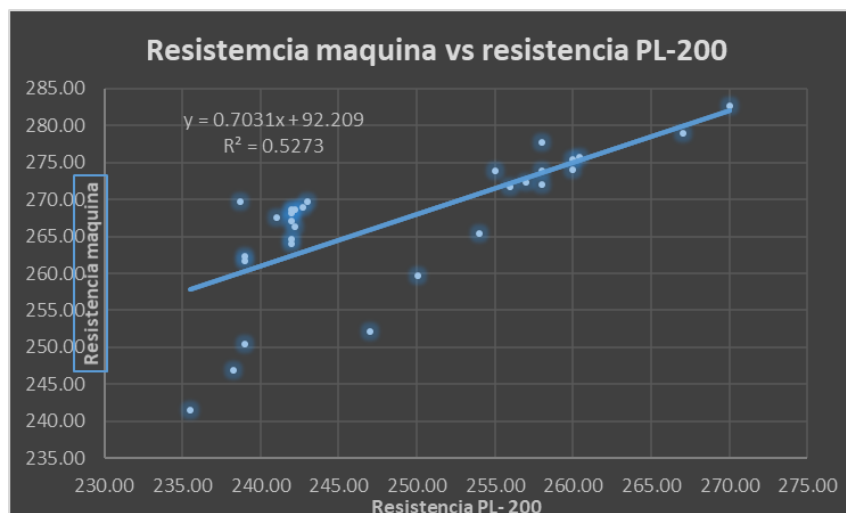


Figura 118: Modelo lineal del concreto simple

**c. Modelo logarítmico**

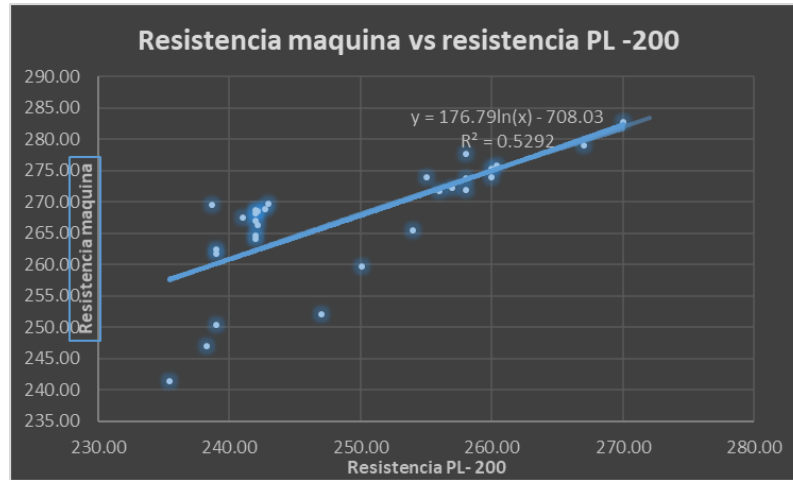


Figura 119: Modelo logarítmico del concreto simple

**d. Modelo potencial**

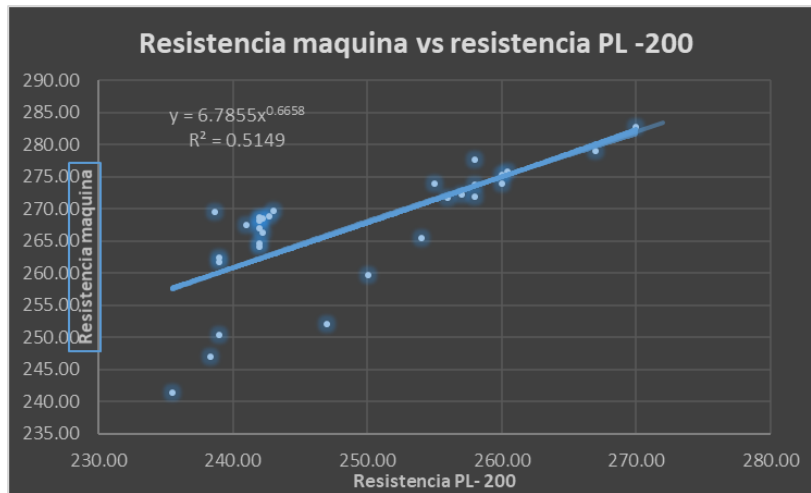


Figura 120: Modelo potencial del concreto simple

**e. Modelo cubico**

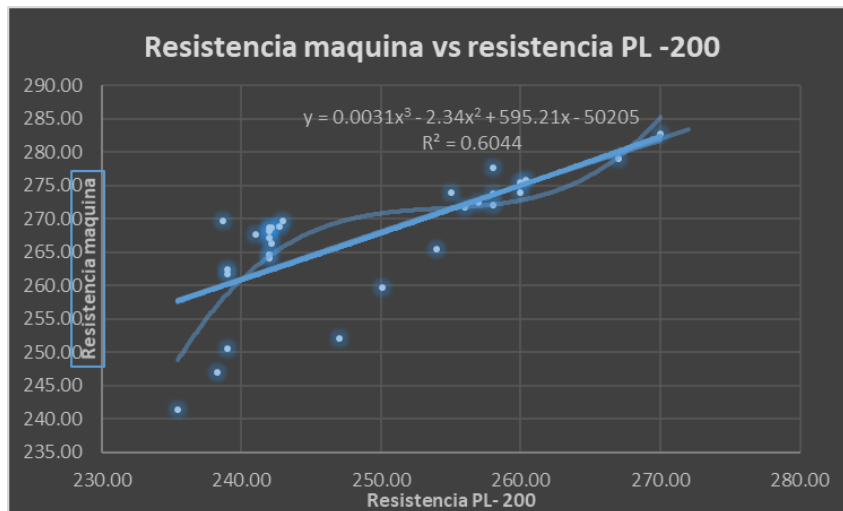


Figura 121: Modelo potencial del concreto simple

### 3.6.6.3.2. Análisis de evaluación del valor de confiabilidad del concreto autocompactable.

#### a. Modelo exponencial



Figura 122: Modelo exponencial del concreto autocompactable.

#### b. Modelo lineal



Figura 123: Modelo lineal del concreto autocompactable

#### c. Modelo logarítmico



Figura 124: Modelo logarítmico del concreto autocompactable

**d. Modelo potencial***Figura 125: Modelo potencial del concreto autocompactable***e. Modelo cubico***Figura 126: Modelo potencial del concreto autocompactable***Capítulo IV: Resultados**

Resumen conciso de lo más relevante encontrado en el ítem de análisis de datos.

**4.1. Resultados de ensayos del concreto autocompactable.****4.1.1. Resultados de ensayos de trabajabilidad.****4.1.1.1. Resultados de la capacidad de relleno.****4.1.1.1.1. Resultados de asentamiento y extensibilidad.**

Tabla 121: Resultados de asentamiento y extensibilidad

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)					
# ENSAYO	ASENTAMIENTO (cm)	EXTENSIBILIDAD (mm)			EFNARC 650 mm-800mm
		D1	D2	D Promedio	
PROMEDIO	28,5	PROMEDIO		707,50	CUMPLE

a. Resultados del ensayo de embudo “V”.

Tabla 122: Resultados del ensayo de embudo “V”.

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)		
ENSAYO	TIEMPO DE FLUJO (s)	EFNARC (6 s -12 s)
PROMEDIO	7.75	CUMPLE

4.1.1.1.2. Resultados de la capacidad de paso.

a. Resultados del ensayo en caja en “U”.

Tabla 123: Resultados del ensayo en caja en “U”.

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)				
# ENSAYO	ALTURA (cm)		ALTURA DE LLENADO	
	H1	H2	H1-H2 (cm)	EFNARC 0 cm- 3 cm
PROMEDIO	PROMEDIO		0.63	CUMPLE

b. Resultados del ensayo en caja en “L”.

Tabla 124: Resultados del ensayo en caja en “L”.

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE (CAC)				
# ENSAYO	ALTURA (cm)		RELACIÓN DE BLOQUEO	EFNARC (0.8-1 cm)
	H1	H2	H2/H1( cm)	
PROMEDIO			0.96	CUMPLE

4.1.1.1.3. Resultados de la resistencia a la segregación.

Tabla 125: Resultados de la resistencia a la segregación.

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE							
# ENSAYO	CONTENED OR DE VERTIDO VACÍO (gr)	CONTENED OR DE VERTIDO	FONDO DE TAMIZ VACÍO (gr)	FONDO DE TAMIZ CON CONCRETO	Ma	Mb	SEGREGACIÓN (%)
	a	b	c	d	b-a	d-c	Mb/Ma
1	0.50	4.460	0.000	0.175	3.96	0.175	4%
2	0.50	4.872	0.000	0.191	4.37	0.191	4%
3	0.50	4.670	0.000	0.186	4.17	0.186	4%
PROMEDIO							4%



4.1.1.1.4. Resultados finales de la trabajabilidad.

Tabla 126: Resultados finales de la trabajabilidad.

CONCRETO AUTOCOMPACTABLE				
# ENSAYO	TIPO DE CONCRETO	TRABAJABILIDAD		
	a	ALTO	MEDIO	BAJO
1	CAC-1	*		
2	CAC-2	*		
3	CAC-3	*		
PROMEDIO		*		

4.1.1.1.5. Resultados finales del tiempo de fragua

Tabla 127: Resultados de tiempo de fragua

Concreto autocompactable				
Tipo de concreto	Tiempo de fragua inicial		Tiempo de fragua final	
	min	horas: minutos	min	horas: minutos
CAC	350	5:50:00	495	8:25:00

4.2. Resultados finales de densidad del concreto simple (CS) de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y concreto autocompactable (CAC) a trabajabilidad.

Tabla 128: Resultados de la densidad del concreto simple y concreto autocompactable.

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
N° de concretos	Código de concretos	Fecha		Edad (días)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
		Elabo.	Rotura		
1	CS	13/11/2018	11/12/2018	28	3990,25
2	CAC	13/11/2018	11/12/2018	28	3804,629



Figura 127: Grafico de densidad del concreto simple (CS) y concreto autocompactable (CAC)

**4.3. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto y concreto autocompactable.**

Tabla 129: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto simple y concreto autocompactable.

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) versus velocidad de pulso ultrasonico (m/s)						
N° de concretos	Código de concretos	Fecha		Edad (días)	Velocidad de pulso ultrasonico (m/s)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
		Elabo.	Rotura			
1	CS	13/11/2018	11/12/2018	28	4215,06	267,07
2	CAC	13/11/2018	11/12/2018	28	4556,251	339,696

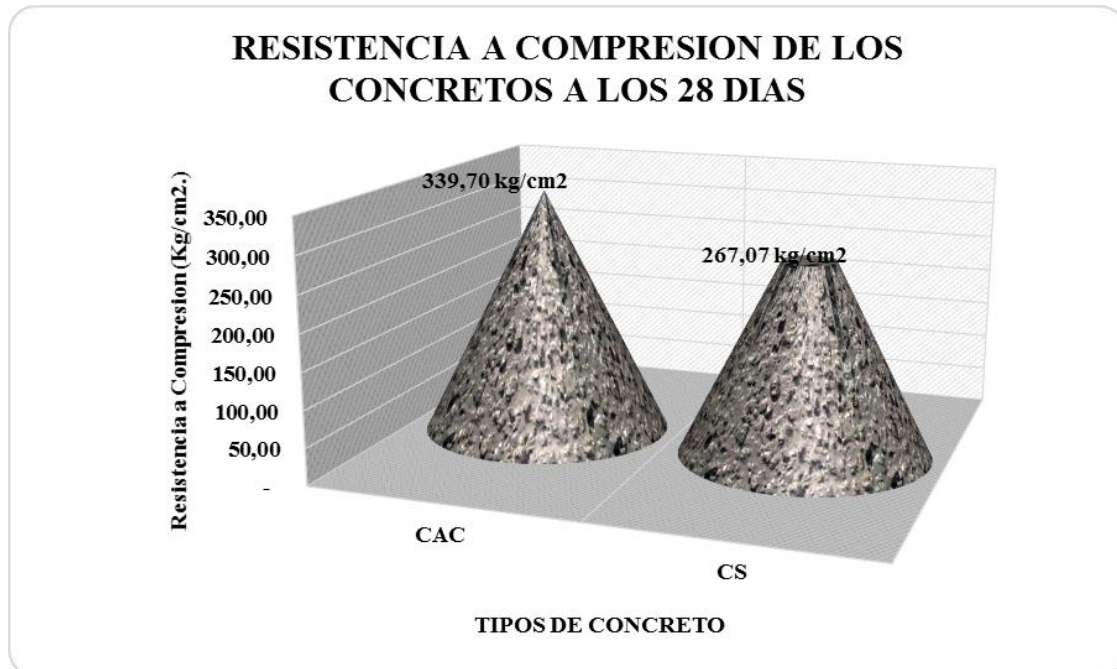


Figura 128: resultado de datos de resistencia a compresión y velocidad de pulso ultrasonico del CAC y CS

**4.4. Resultados de uniformidad de concreto de probetas cilíndricas de concreto simple de f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable en función a la velocidad de pulso ultrasonico (ASTM C 597).**

a) Resultados del concreto simple (CS) de f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>.

- Resultados de datos por Exploración por líneas:

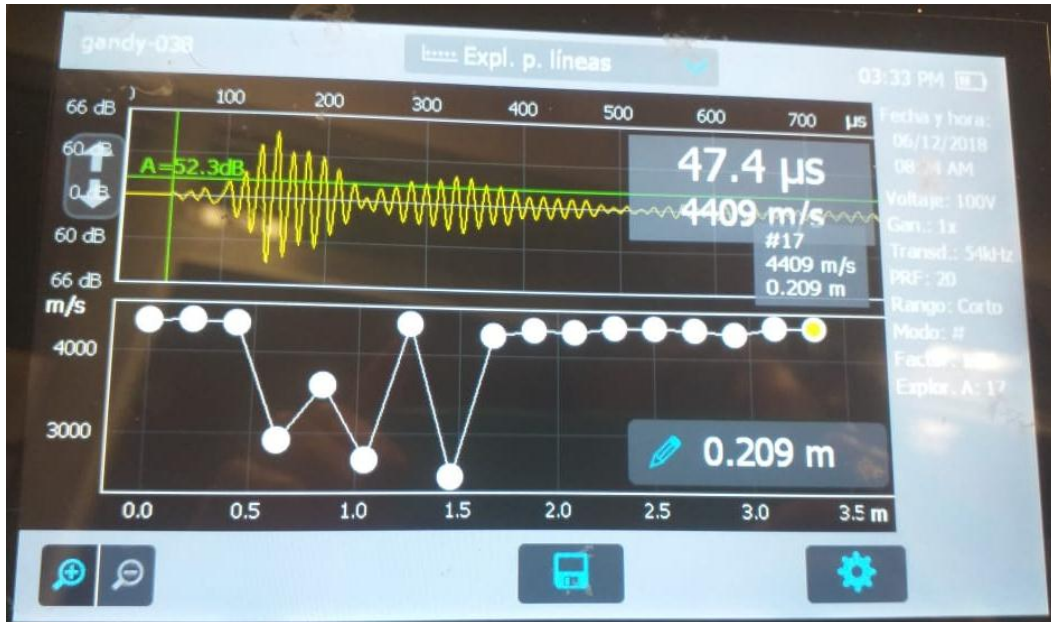


Figura 129: resultado de datos de exploración por líneas del concreto simple

- **Resultados de datos por exploración de área:**



Figura 130: resultado de área de exploración por líneas del concreto simple

**b) Resultados del concreto autocompactable (CAC).**

- **Resultados de datos por exploración por líneas:**



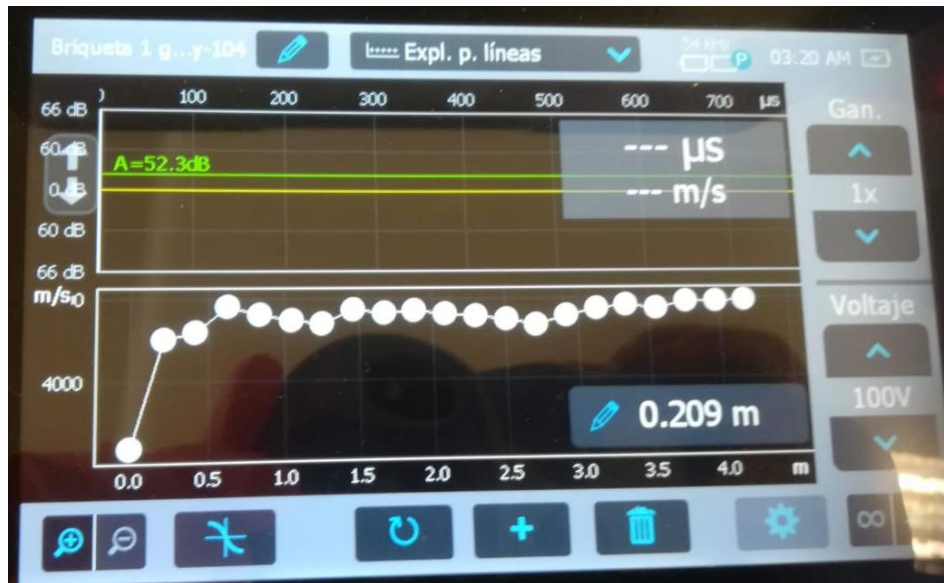


Figura 131: resultado de datos de exploración por líneas del concreto autocompactable

- **Resultados de datos por exploración de área:**



Figura 132: resultado de datos de exploración por líneas del concreto autocompactable

#### 4.5. Resultados de datos del ensayo de clasificación de la calidad de resistencia de concreto simple de $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable en función a la velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597)

- a) Resultados de análisis de datos del ensayo de la clasificación de la calidad de resistencia del concreto simple (CS) de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable (CAC) en función de velocidad de pulso ultrasónico.

Tabla 130: Cuadro de clasificación de calidad del concreto simple y concreto autocompactable en función a la velocidad de pulso ultrasónico.

Clasificación de calidad de los concretos		
Tipo de concreto	Velocidad de pulso (m/s)	Clasificación de la velocidad de pulso
CS	4215,06	buena
CAC	4556,25	Excelente

**4.6. Resultados correlacionales de pulso ultrasónico, tiempo de trasmisión y resistencia a la compresión en maquina a compresión y resistencia a compresión con PL-200.**

**4.6.1. Correlación datos del concreto simple (CS) de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

**a. Correlación del concreto simple (CS)de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  entre resistencia a compresión con PL-200 y resistencia a compresión en maquina a compresión.**

**o Resultado de correlación y grado de confiabilidad**

Tabla 131: Correlación entre resistencia a compresión PL-200 vs resistencia a compresión máquina del concreto simple.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	.726 <sup>a</sup>	.527	.510	6,58176

Interpretación:

R= coeficiente de correlación=0,726 existe una correlación moderada.

R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación = 52,7% de la variable y está siendo explicada por la variable

x

**o Ecuación de análisis de la varianza por significancia**

Tabla 132: Análisis de la varianza entre resistencia a compresión PL-200 vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple.

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1353,004	1	1353,004	31,233	.000 <sup>b</sup>
	Residuo	1212,946	28	43,320		
	Total	2565,950	29			

Interpretación:

Como el p valúe es  $0.00 < \alpha 0.05$  el modelo es adecuado.

Tabla 133: Análisis de la ecuación entre resistencia a compresión PL-200 vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple.

Coeficientes <sup>a</sup>						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	92,209	31,312		2,945	,006
	PUNDIT	,703	,126	,726	5,589	,000

Ecuación:

$$Y = f(x)$$

$$Y = B_0 + B_1X + E$$

Resistencia a compresion maquina= 0.703(Resistencia a compresion PL200)+E

**b. Correlación del concreto simple (CS) de calidad f'c= 210 kg/cm2 entre velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a compresión en maquina a compresión.**

○ **Resultado de correlación y grado de confiabilidad**

Tabla 134: Correlación entre velocidad de pulso ultrasónico vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,911 <sup>a</sup>	,830	,824	3,94739

Interpretación:

R= coeficiente de correlación=0,911 existe una correlación fuerte.

R2= coeficiente de determinación = 83,0% de la variable y está siendo explicada por la variable

x

○ **Ecuación de análisis de la varianza por significancia**

Tabla 135: Análisis de la varianza entre velocidad de pulso ultrasónico vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple.

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2129,657	1	2129,657	136,675	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	436,294	28	15,582		
	Total	2565,950	29			

Interpretación:

Como el p valúe es 0.00 < a0.05 el modelo es adecuado.



Tabla 136: Análisis de la ecuación entre velocidad de pulso ultrasónico vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple

**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-63,781	28,309		-2,253	,032
	VEL	,078	,007	,911	11,691	,000

Ecuación:

$$Y = f(x)$$

$$Y = B_0 + B_1X + E$$

Resistencia a compresión maquina = -63.781 + 0.078(Velocidad pulso ultrasónico) + E

**c. Correlación del concreto simple (CS) de calidad f'c= 210 kg/cm2 entre tiempo de transmisión y resistencia a compresión en maquina a compresión.**

o **Resultado de correlación y grado de confiabilidad**

Tabla 137: Correlación entre tiempo de transmisión vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple.

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,628 <sup>a</sup>	,394	,372	7,45160

Interpretación:

R= coeficiente de correlación=0,628 existe una correlación moderada.

R2= coeficiente de determinación = 39,4% de la variable y está siendo explicada por la variable

x.

o **Ecuación de análisis de la varianza por significancia**

Tabla 138: Análisis de la varianza entre tiempo de transmisión vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1011,215	1	1011,215	18,211	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	1554,736	28	55,526		
	Total	2565,950	29			

Interpretación:

Como el p valúe es 0.00 < a0.05 el modelo es adecuado.

Tabla 139: Análisis de la ecuación entre tiempo de transmisión vs resistencia a compresión máquina en el concreto simple

Modelo		Coeficientes <sup>a</sup>				
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	110,242	36,775		2,998	,006
	TIEMPO	4,447	1,042	,628	4,267	,000

Ecuación:

$$Y = f(x)$$

$$Y = B_0 + B_1X + E$$

$$\text{Resistencia a compresión maquina} = 4.447(\text{Tiempo de transmisión}) + E$$

#### 4.6.2. Correlación de datos del concreto autocompactable (CAC).

##### a. Correlación del concreto autocompactable (CAC) entre resistencia a compresión con PL-200 y resistencia a compresión en maquina a compresión.

###### o Resultado de correlación y grado de confiabilidad

Tabla 140: Correlación entre resistencia a compresión PL-200 vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,873 <sup>a</sup>	0,762	,754	4,91706

Interpretación:

R= coeficiente de correlación=0,873 existe una correlación fuerte.

R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación = 76,2% de la variable y está siendo explicada por la variable x.

###### o Ecuación de análisis de la varianza por significancia

Tabla 141: Análisis de la varianza entre resistencia a compresión PL-200 vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2170,736	1	2170,736	89,783	,000 <sup>a</sup>
	Residuo	676,970	28	24,178		
	Total	2847,706	29			

Interpretación:

Como el p valúe es 0.00 < a0.05 el modelo es adecuado.

Tabla 142: Análisis de la ecuación entre resistencia a compresión PL-200 vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

		Coeficientes <sup>a</sup>				
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-23,723	38,307		-.619	.541
	REPUNTUAL	1,068	.113	.873	9,475	.000

Ecuación:

$$Y = f(x)$$

$$Y = B_0 + B_1X + E$$

$$\text{Resistencia a compresión maquina} = 1.068(\text{Resistencia a compresión PL200}) + E$$

**b. Correlación del concreto simple autocompactable (CAC) entre velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a compresión en maquina a compresión.**

○ **Resultado de correlación y grado de confiabilidad**

Tabla 143: Correlación entre resistencia a velocidad de pulso ultrasónico vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	.748 <sup>a</sup>	.560	.544	6,69170

Interpretación:

R= coeficiente de correlación=0,748 existe una correlación moderada.

R2= coeficiente de determinación = 56,0% de la variable y está siendo explicada por la variable x

○ **Ecuación de análisis de la varianza por significancia**

Tabla 144: Análisis de la varianza entre resistencia de pulso ultrasónico vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1593,897	1	1593,897	35,595	.000 <sup>b</sup>
	Residuo	1253,808	28	44,779		
	Total	2847,706	29			

Interpretación:

Como el p valú es 0.00 < a0.05 el modelo es adecuado.

Tabla 145: Análisis de la ecuación entre resistencia de pulso ultrasónico vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-383,413	121,117		-3,166	,004
	VEL	,159	,027	,748	5,966	,000

Ecuación:

$$Y = f(x)$$

$$Y = B_0 + B_1X + E$$

Resistencia a compresion maquina =  $-383.413 + 0.159(\text{Velocidad pulso ultrasonico}) + E$

**c. Correlación del concreto autocompactable entre tiempo de transmisión y resistencia a compresión en maquina a compresión.**

○ **Resultado de correlación y grado de confiabilidad**

Tabla 146: Correlación entre tiempo de transmisión vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	<b>.842<sup>a</sup></b>	<b>.708</b>	,698	5,44724

Interpretación:

R = coeficiente de correlación = 0,842 existe una correlación fuerte.

R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación = 70,8% de la variable y está siendo explicada por la variable x.

○ **Ecuación de análisis de la varianza por significancia**

Tabla 147: Análisis de la varianza entre tiempo de transmisión vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2016,878	1	2016,878	67,972	<b>.000<sup>b</sup></b>
	Residuo	830,827	28	29,672		
	Total	2847,706	29			

Interpretación:

Como el p valú es  $0.00 < \alpha 0.05$  el modelo es adecuado.

Tabla 148: Análisis de la ecuación entre tiempo de transmisión vs resistencia a compresión máquina en el concreto autocompactable.

Modelo		Coeficientes <sup>a</sup>		t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados			
		B	Error estándar	Beta	
1	(Constante)	285,197	6,619		.000
	TIEMPO	1,474	,179	,842	.000

Ecuación:

$$Y = f(x)$$

$$Y = B_0 + B_1X + E$$

$$\text{Resistencia a compresión maquina} = 285.197 + 4.447(\text{Tiempo de transmisión}) + E$$

#### 4.7. Resultado de evaluación del valor de confiabilidad.

##### 4.7.1. Resultado de evaluación del valor de confiabilidad del concreto.

###### a. Resultado de determinación del modelo de ajuste de tendencia.

Tabla 149: Resultado de determinación del modelo de ajuste de tendencia.

Codigo	Obtension r2 modelos de regresion estadistica				
	Lineal	Cubica	Potencial	Exponencial	Logaritmica
CS	0.527	0.604	0.515	0.513	0.529
CAC	0.767	0.819	0.763	0.771	0.7584

##### 4.7.2. Resultado de determinación del modelo de ajuste de tendencia.

###### 4.7.2.1. Resultado del modelo de aproximación cubica

Se muestra la estructura genérica de las ecuaciones de tendencia a trabajar:

- Para concreto simple (CS) de calidad  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Ecuación de tendencia cubica	$Y = 0.0031X^3 - 2.34X^2 + 595.21X - 50205$
------------------------------	---

- Para concreto autocompactable (CAC)

Ecuación de tendencia cubica	$Y = 0.0005X^3 + 0.5606X^2 - 1991X + 21948$
------------------------------	---



## Capítulo V: Discusión

### a. Contraste de resultados con referente del marco teórico.

#### 1. ¿Por qué se usaron los agregados finos y gruesos de las canteras de vicho y Huambutio para la reproducción del concreto simple (CS) y concreto autocompactable (CAC)?

El agregado fino de Cunyac y vicho, por separado no cumplen con los límites máximos y mínimos según lo indicado en la norma NTP 400.012, debido a que el agregado de Cunyac posee material muy fino, por lo que se combinó con el confitillo de la cantera de vicho en proporciones de 80% y 20 % respectivamente para poder cumplir con la norma. El agregado grueso de la cantera de Vicho con un tamaño de 3/4" cumple con los límites especificados en la norma NTP 400.012.

### b. Interpretación de los resultados encontrados en la 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 (valor de confiabilidad) en base a la medición de la Velocidad de Pulso Ultrasónico, se detalla cómo sigue a continuación:

- En base a datos obtenidos estadísticamente la ecuación óptima encontrada fue la cúbica para el concreto simple (CS) siendo la siguiente fórmula:

$$Y=0.0031X^3 - 2.34X^2 + 595.21X - 50205$$

- En base a datos obtenidos estadísticamente la ecuación óptima encontrada fue la cúbica para el concreto autocompactable (CAC) siendo la siguiente fórmula:

$$Y=0.0005X^3 + 0.5606X^2 - 1991X + 21948$$

### c. Comentario de la demostración de la hipótesis

**¿La relación de la velocidad de pulso ultrasónico en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple (CS) de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y concreto autocompactable (CAC) brindara datos confiables para la calidad de resistencia?**

En base a los objetivos planteados al inicio y de acuerdo al estudio experimental desarrollado en los capítulos anteriores, se demostraron las conclusiones más relevantes:





- El Ensayo de Ultrasonido en el concreto resulta ser una prueba sencilla y rápida de realizar, sin embargo, sus resultados están influenciados por varios factores internos (propios del material) y externos (propios de las condiciones de ensayo) así como el personal a manipular.
- Para la mayoría de casos estudiados (selección de datos), este método de ensayo no destructivo demostró tener altos Coeficientes de Determinación ( $r^2$ ), que confirman una marcada dependencia entre la Resistencia a Compresión y la Velocidad de Pulso Ultrasonico, lo cual valida la primera hipótesis de la presente investigación. Considerando los resultados de Laboratorio la selección de datos del concreto simple y concreto autocompactable a los 28 días respectivamente, los valores de  $r^2$  están comprendidos en un rango de: 0.64 a 0.819.

**d. Aporte de la investigación.**

- Como aporte del tema de investigación en el desarrollo estadístico, se encontró que el grado de confiabilidad oscila de acuerdo a la relación lineal de: “significativa” en concretos simples de resistencia  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y “fuerte” en concreto autocompactable.

Tabla 150: Rangos de correlación

RANGO		RELACION LINEAL
0.96	1	PERFECTA
0.85	0.95	FUERTE
0.75	0.84	SIGNIFICATIVA
0.7	0.69	MODERADA
0.2	0.49	DEBIL
0.1	0.19	MUY DEBIL
0.09	0	NULA

- Aunque la experiencia realizada en esta tesis revela que el ensayo no destructivo estudiado constituye una herramienta útil para estimar la calidad del concreto endurecido (con cierto grado de confiabilidad), en ningún caso va a reemplazar al Ensayo de Resistencia a Compresión.
- La incorporación de nuevos temas que se han presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación fue el tiempo de transmisión que se determinó mediante la medición del ensayo in situ con el equipo PL-200.



- **¿Qué tipos de fluidos viscosos se usa para el contacto de los transductores con las briquetas?**

El gel de acoplamiento puede ser utilizado el jabón líquido, el aceite de carro, el gel ultrasónico; donde vimos por conveniente usar el gel ultrasónico ya que este nos ayudó a tener mejor contacto entre los transductores y las briquetas para poder realizar así el ensayo del, así como fue de fácil adquisición.

- **¿Se puede usar el concreto autocompactable (CAC) cómo aditivo para morteros?**

Si, se puede utilizar puesto que el mortero por ser un material de adherencia aumenta la resistencia como estructura monolítica y el concreto autocompactable (CAC) al ser liquido tendría mayor capacidad de adherencia.

- **¿Por qué se utilizó agregado de tamaño máximo nominal de 3/4” en el concreto?**

Utilizamos este tipo de agregado debido al tipo de transductor usado para realizar la toma de datos del equipo PL-200, ya que si ponemos un agregado de mayor tamaño no nos dará datos confiables de la velocidad de pulso puesto que el chupón de este admite hasta el tamaño dicho y también al comprobar que a mayor tamaño máximo nominal es mayor la resistencia.

También se usó el TMN de  $\frac{3}{4}$ ” ya que los parámetros de diseño de un concreto autocompactable recomienda usar hasta un TMN de  $\frac{3}{4}$ ” según la norma EFNARC.



## Glosario

1. **Agregado:** material mineral granular, tal como la arena natural, la arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, la escoria granulada de alto horno enfriada al aire, la vermiculita y la perlita. (hernandez, 2015)
2. **Briqueta:** Pieza hecha de polvo de carbón u otra materia con forma de ladrillo. (universal, s.f.)
3. **CAC:** concreto autocompactable, es aquel concreto que en estado plástico fluye y consolida por efecto su propio peso. (Rabanal Gonzales, 2017)
4. **Correlación:** Existencia de mayor o menor dependencia mutua entre diversas variables. (dictionary, s.f.)
5. **CS:** concreto simple, es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade agua. (Rafa, 2014)
6. **Cuarteo:** Procedimiento de reducción del tamaño de una muestra. (ASTM C597-NTP339.237, 2012)
7. **Diseño de Mezclas:** Es el procedimiento mediante el cual se calculan o estiman las proporciones que deben existir entre los materiales que componen la mezcla, para lograr las propiedades deseadas para el concreto. (ASTM C597-NTP339.237, 2012)
8. **Granulometría:** Método analítico para determinar el grado de finura de las partículas de los sólidos granulares o pulverulentos, usando diferentes tamices superpuestos, en orden de diámetro de poro o malla empezando por el de menor diámetro desde abajo. (barrion, s.f.)
9. **Grava:** Conjunto de piedras pequeñas que proceden de la fragmentación y disgregación de rocas. (dictionary, s.f.)
10. **Humedad:** Cantidad de vapor de agua que contiene el aire por unidad de volumen. (dictionary, s.f.)
11. **Moldeado:** El proceso de modificar materiales sólidos a través de moldes para obtener piezas con una forma determinada. (dictionary, s.f.)
12. **Peso Unitario:** Masa de un cuerpo por unidad de volumen. (universal, s.f.)
13. **Relación Agua /Cemento:** Relación entre la cantidad de agua excluyendo solamente aquella absorbida por los agregados y la cantidad de cemento en un mortero, hormigón o pasta cementica. (thaiss, 2015)



- 14. Reología:** Parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir. Es una parte de la mecánica de medios continuos (universal, s.f.).
- 15. Resistencia a la Compresión:** Máxima resistencia de una briqueta de concreto o mortero a carga de compresión axial; se expresa como fuerza por unidad de superficie de la sección transversal.
- 16. SLUMP:** Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes. (thaiss, 2015)
- 17. Superplastificante:** Es un aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir fuertemente el contenido en agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta considerablemente el asiento, o ambos efectos a la vez. (thaiss, 2015)
- 18. Tamizado:** Método mecánico para separar dos sólidos formados por partículas de tamaños diferentes. Consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, criba o herramienta de colador (en función del uso podrán ser metálicos, vegetales, tejidos o de nailon). Las partículas de menor tamaño atraviesan el filtro por los poros, y las de mayor tamaño quedan retenidas. (hernandez, 2015)
- 19. Transductores:** Dispositivo que tiene la misión de recibir energía de una naturaleza eléctrica, mecánica, acústica, etc., y suministrar otra energía de diferente naturaleza, pero de características dependientes de la que recibió. (dictionary, s.f.)
- 20. Velocidad de Pulso Ultrasonico:** asociada a las propiedades del concreto y su densidad; por lo tanto, permite predecir el estado de calidad del mismo en estado endurecido, que se expresa en metros por segundos (m/s). (barrion, s.f.)

### Glosario de términos

1. **CAC:** Concreto autocompactable
2. **CS:** Concreto simple
3. **EFNARC:** Experts for Specialised Construction and Concrete Systems
4. **ACI:** American Concrete Institute
5. **PL-200:** Pundit Lab 200



## Conclusiones

- 1. De la hipótesis general:** Se comprueba que la Velocidad de Pulso Ultrasónico influye en la medición de las propiedades físicas y mecánicas, del concreto simple (CS) de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable (CAC), obteniendo datos confiables en las propiedades físicas con la exploración por líneas y área así también en la propiedad mecánica con la calidad de resistencia.
- 2. De la hipótesis específica 1:** Se comprueba que la relación Agua/Cemento en la medición de Velocidad de Pulso Ultrasónico; es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión; es decir para una misma edad se tiene mayor Velocidad de Pulso Ultrasónico en un concreto simple (CS) con relación  $A/C = 0.5$  respecto de uno, con  $A/C = 1.36$ ; esto se ha demostrado hasta valores de relación de  $A/C 1.0$  para concretos simples (CS), lo cual confirma parcialmente la hipótesis de la presente investigación.
- 3. De la hipótesis específica 2:** Se comprueba que el concreto autocompactable (CAC) tiene mayor relación de uniformidad con respecto al concreto simple (CS) de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> por medio de la medición de velocidad de Pulso Ultrasónico (con la medición de exploración por líneas y exploración por áreas) como se aprecia; en la figura 127 y 128 para el concreto simple (CS) y en la figura 129 y 130 para el concreto autocompactable (CAC); confirmando la hipótesis de la presente investigación.
- 4. De la hipótesis específica 3:** Se comprueba que las unidades de concreto autocompactable (CAC) tienen menor densidad con respecto a las unidades de concreto simple (CS) de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido a la edad de 28 días, como se verifica en la tabla 128.
- 5. De la hipótesis específica 4:** Se comprueba que la influencia de la Velocidad de Pulso Ultrasónico es directamente proporcional a la resistencia a compresión, es decir para una misma edad se tiene mayor Velocidad de Pulso Ultrasónico a mayor resistencia a compresión alcanzada confirmando la hipótesis de la presente investigación. como se verifica en la tabla 129.
- 6. De la hipótesis específica 5:** Basándonos en los cuadros de clasificación de la calidad del concreto, planteados por el manual del equipo PL-200. Se comprueba que la calidad de concreto simple de resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto autocompactable se encuentra en "BUENO y EXCELENTE" respectivamente en función a la clasificación de calidad de velocidad de Pulso Ultrasónico. Como se muestra en la tabla 130.



## Recomendaciones

1. Para mayor precisión en la determinación del tiempo de transmisión de velocidad de Pulso Ultrasónico (obtenido con el equipo pl-200), se sugiere realizar 10 mediciones en cruz en la probeta cilíndrica que, a manera de cubrir toda el área de la sección, de esta manera no solo se tendrá un punto como referencia representativa del espécimen en evaluación, tomando en cuenta que el material en estudio es anisotrópico.
2. Si se trabajara con agregados y cementantes distintos a los estudiados, se sugiere realizar concretos a diferentes resistencias para tener un mejor desarrollo de la correlación y realizar un control constante en la construcción de un proyecto determinado para hacer posteriormente verificaciones en obra.
3. Considerar evaluaciones de testigos a más de 28 días (60 y/o 90 días, por ejemplo), a fin de tener un respaldo para confirmar dudas o variaciones sobre resultados a edades posteriores de los controles habituales, así como verificar la precisión del ensayo.
4. Para mejorar el nivel de confianza y reducir el porcentaje de error en la estimación de la Resistencia a Compresión, se sugiere considerar un tamaño de muestra mayor en el análisis de datos, como mínimo evaluar 100 resultados (considerando que un resultado es el promedio del ensayo de dos o tres probetas según el tamaño de probeta empleado), con ello se podrá hacer un análisis estadístico representativo y obtener resultados más consistentes.
5. En base a trabajo práctico continuo, que complemente y confirme los resultados obtenidos, este estudio puede ser tomado como un documento técnico de referencia para que lo apliquen empresas e instituciones relacionadas con el ámbito de la construcción con concreto y concreto autocompactable con los parámetros que se establecieron en esta tesis.

- **Futuras investigaciones basadas en nuestra investigación**

En el desarrollo de la investigación de toda la tesis se tuvo dificultades en el manejo y extracción de datos del equipo pl-200, ya que se tiene poca información y capacitación del manejo equipo. Con la finalidad de ampliar y mejorar la correlación esperamos que el presente estudio pueda servir como referencia para generar futuras investigaciones, el cual complementen y afinen el modelo de aproximación ya definido, al trabajar con otras variables influyentes en la estimación de la Resistencia a Compresión del concreto en base a la determinación de la Velocidad del Pulso Ultrasónico. Conforme se hizo el desarrollo del trabajo experimental se presentaron algunas ideas para la ejecución de estudios futuros, que logren mayores avances en el control





de calidad de los diferentes concretos mediante el empleo del equipo de Ultrasonido, se recomienda tomar en cuenta los puntos que se mencionan a continuación:

- Evaluación de la influencia del acero de refuerzo en la Velocidad de Pulso Ultrasónico.
- Evaluación de la correlación de concretos simples a diferentes resistencias (175,210,350 kg/cm<sup>2</sup>).
- Evaluación de los ensayos in situ mediante el método combinado (velocidad de pulso ultrasónico y martillo Schmidt o esclerómetro)
- Evaluación de la influencia de la presencia de vacíos en la Velocidad de Pulso Ultrasónico (por ejemplo, simulación de cangrejas).
- Aplicación práctica del control de calidad del concretos en construcción en función de Velocidad de Pulso Ultrasónico.
- Determinación, ubicación y análisis de fisuras, vacíos, porosidad en estructuras de concreto.
- Monitoreo de las estructuras de concreto en un tiempo prolongado (meses).
- Evaluación de la influencia de revestimiento en concretos en la Velocidad de Pulso Ultrasónico (por ejemplo, simulación de tartajeos con diferentes materiales)



### Referencias

- ACEDO, M. A. (2012). *DESARROLLO Y ANÁLISIS DE UN PROCEDIMIENTO OPERATORIO PARA LA MEDICION DE PIEZAS CIRCULARES MEDIANTEPROYECTOR DE PERFILES*. CARTEGENA.
- ACI. (2012). American Concrete Institute.
- Angél, V. F. (2009). *Influencia De La Dosificacion Y Empleo De Diferentes Tipos De Cemento Y Adiciones En Las Propiedades Mecanicas Del Hormigon Autocompactante*. Madrid: Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Caminos ,Canales Y Puertos.
- Angel, V. F. (2009). *Influencia De La Dosificacion Y Empleo De Diferentes Tipos De Cemento Y Adiciones En Las Propiedades Mecanicas Del Hormigón Autocompactante* . Madrid: Madrid Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Canales Y Puertos.
- Anonimo. (s.f.). ANALISIS DE REGRESION LINEAL .
- ASTM C597-NTP339.237, A. (2012). *Metodo De Ensayo Para Determinar La Velocidad De Pulso a Traves Del Concreto*.
- Carlos, R. C. (2010). *Influencia De La Tasa De Aditivo Superplastificantes ,En Las Propiedades Del Concreto De Alta Resistencia En Estado Fresco y Endurecido* . San Salvador .
- Chal H-W. (1998). *Desing And Testing Of Self Compacting Concrete*. Londres: Univerity Of London.
- COLLEPARDI.M. (1976). *Assessment of The Rheoplasticity of Concrtes, Cement And Concrete Research*.
- COMPOSTURA, U. D. (2011-2012). *EXTENSIONES DEL MODELO DE REGRESION*.
- CUANTITAVA, D. D. (2016). *ESTIMACION DE MODELOS NO LINEALES* .
- Edgar, A. H., & Tupayachi Venero, T. (2015). *Analisis Comparativo De Las Propiedades De Trabajabilidad Y Resistencia A La Compresion Del Concreto Adicionado Con Aditivo Superplastificante Y El Concreto Autocompactable Fbricados Con Agregados De La Cantera De Vicho , Cunyac Y Huambutio* . cusco: Universidad Andina Del Cusco.
- Edificaciones, R. N. (2006). *Norma Tecnica E. 060 - Concreto Armado* .
- EFNARC. (2002). *Especificaciones y Directrices Para El Hormigon Autocompactable -HAC*.
- EFNARC, F. E. (2002). *Especificaciones y Directrices Para El Hormigon Autocompactable - HAC*. EFNARC Secretary General. Obtenido de [www.efnarc.org/efnarc/SandGforSCC.PDF](http://www.efnarc.org/efnarc/SandGforSCC.PDF)



- Elias, X. (2009). *Reciclaje de Residuos Industriales*. Madrid: Diaz de Santos.
- Falcón, E., & Contreras, S. (2012). *Evaluación Física y Mecánica de Concreto Convencional Sustituyendo Dosis de Cemento por Microsílice con un Asentamiento de 5" y una Resistencia a la Compresión de 250 Kg/cm<sup>2</sup>*. Caracas, Venezuela: Universidad Nueva Esparta.
- Fava, C. A. (2003). *Hormigón Autocompactado Desarrollo Y Caracterización*. Buenos Aires: Universidad Nacional Del Centro De La Provincia De Buenos Aires.
- Gabriela, V. E., & Angel, I. N. (2013). *Estudio Experimental Para Determinar Patrones De Correlación Entre la Resistencia a Compresión y Velocidad De Pulso Ultrasonico En El Concreto Simple*. Lima.
- González Morán, S. (2006). *Concreto Autocompactable Propuesta para El Diseño De Mezcla . Beneficios Tecnicos y Consideraciones Basicas Para su Implementacion en el Salvador*. San Salvador .
- Gonzalo, B. (2013). *Hormigones Avanzados*. Madrid: Instituto De Las Ciencias De La Construcción Eduardo Torroja.
- H., F., Nagataki, s., Otsuki, N., & Endo, E. (1996). *Study On Reducing Unit Powder Content Of High-Fluidity Concrete By Controlling Powder Particle Size Distribution*. Conc. Lib. Of Japan Soc Of Civil Engineering.
- Hajime, O., & Ouchi, M. (2003). *Self Compacting Concrete -Journal Of Advanced Concrete Technology* (Vol. Vol. 1).
- HERNANDEZ, FERNANDEZ, & BAPTISTA. (2010 - PAG. 116). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
- Hernández Sampieri, R. E. (1999). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION Sexta Edición*.
- Hocesa. (14 de Agosto de 2015). *Hocesa.Productos*. Obtenido de <http://www.hocesa.com>
- Idalia, G. M., Landaverde Martínez, A., & Romero López, C. I. (2005). *Concreto Autocompactante : Propuesta Para El Diseño De Mezcla .Beneficios Y Consideraciones Basicas Para Su Implementacion En EL Salvador*. El Salvador.
- IECA, I. E. (2006). *Hormigón Autocompactante Criterios Para Su Utilización*. Madrid, España.
- J., D., & J. J. (1999). *Properties Of Self Compacting Concrete*. Paris: University College London UK PRO.
- JHOANA, C. L. (2015). *MODELOS DE CURVA CUBICA*. TUMBES.



- López, E. R. (2000). *Naturalez y Materiales del Concreto, Capitulo Peruano ACI*. Lima.
- López, E. R. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: Aci Perú.
- Luis, G. B. (2011). *Estudio De La Robustes En El Hormigon Autocompactante Con Bajo Contenido De Finos*. Valencia.
- MENDEZ, L. (2014). *REGRESION LOGARITMICA*.
- Nasvik, J. (Marzo del 2016). *El ABC Del Concreto Autocompactable - construccion y tecnologia*.
- NRMCA. (s.f.). *El Concreto En La Practica De La Practica*. 900 Spring St.
- Pasquel. (1998). *tOPICOS De La Tecnologia De Concreto*. Lima: Colegio De Ingenieros Del Peru.
- Portugal Barriga, P. (2007). *Tecnologia del Concreto de Alto Desempeño*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustin.
- Reyes, A. A. (2007). *Desempeño Del Concreto Autocompactable En Estado Plastico Y Endurecido*. Mexico.
- Rivva. (2000). *Naturaleza De Materiales Del Concreto*. Lima: Capitulo Peruano ACI.
- Rivva López, I. E. (2002). *Concreto de Alta Resistencia*. Lima, Peru: Fondo Editorial ICG.
- Roxana, L. P. (2009). *Diseño de Mezclas Para Hormigón Autocompactable*. Guayaquil.
- S., D. D., & DR. Tam Chat , T. (2001). *Some Major Of Self Compacting Concrete - Materials Technology*.
- SA, P. (2014). *Manual de operacion pundit*.
- Sampieri, E. (1999). *METODOLOGIA DE TA LA INVESTIGACION*.
- Sika. (2014). *Ficha Tecnica Sika-Fume*. Lima: Sika.
- Tecnología Sika Viscocrete. (s.f.). *Sika Viscocrete Concreto Autocompactable -Referenciad Internacionales*. Serie Sika Concreto.
- U., P., Billberg, P., & Van, V. (1996). *A model for self-compacting concrete*. Londres.