

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE
LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA
PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO -
2018”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

TESISTA

BACH. ING. CIVIL KEYTH DANY TARAZONA BERAÚN

ASESOR

ING. ANTONIO DOMÍNGUEZ MAGINO

HUÁNUCO – PERÚ

2019

Dedicado a mis padres Carlos e Ysabel

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis, Ing. Antonio Domínguez Magino por su orientación y apoyo para el desarrollo de esta tesis.

Al personal técnico del Laboratorio Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

A todos quienes contribuyeron con la realización de este trabajo de investigación y a todas las personas que quiero y estimo.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal la evaluación de las características físicas y mecánicas de los agregados gruesos proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido para que puedan ser usados como agregado grueso en la producción de concreto nuevo, propiedades del concreto fresco y endurecido para realizar las comparaciones con respecto a un grupo patrón que se elaboró con agregados naturales.

El pavimento reciclado es proveniente de los trabajos de demolición del pavimento rígido en intersección de las calles Jr. Huallayco y Av. Alfonso Ugarte en la ciudad de Huánuco, este material fue procesado hasta obtener agregado grueso de tamaños $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y 1", se procedió a realizar los ensayos de acuerdo a las normas correspondientes. Tanto los agregados reciclados como los agregados naturales fueron analizados en los laboratorios especializados de la UNHEVAL, donde se analizaron sus propiedades tales como granulometría, contenido de humedad, peso unitario y vacío de los agregados, gravedad específica, peso específico y absorción y abrasión de los agregados, realizado esto, se procedió a diseñar concretos para una resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con tres tamaños de agregados, $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y 1", cada uno de ellos posee cuatro grupos con diferentes concentraciones de agregado reciclado, un grupo patrón con 0% de agregado reciclado, y tres grupos experimentales de 20%, 40% y 60% de agregado grueso reciclado. Se elaboraron 9 especímenes por cada grupo, haciendo un total de 108

especímenes, los cuales fueron elaborados en condición de laboratorio bajo la normatividad correspondiente, se realizaron los ensayos en el concreto fresco y culminado el proceso de curado a los 28 días estos fueron ensayados. Se concluyó que, aunque el agregado reciclado presenta cualidades inferiores a las del agregado natural, estas se pueden usar en la producción de concreto nuevo siempre en cuando la concentración de este no supere en 40% del agregado grueso, esto se obtuvo realizando la comparación con el grupo de control para cada tamaño de agregado grueso.

También se concluyó que el uso del concreto que incorpora agregados reciclados se limita a concretos que no estén expuestos a acciones de desgaste.

Además de realizar el estudio de las componentes del concreto y sus propiedades durante el proceso de producción, se realizó un análisis de costos para cada condición, concluyendo que el concreto que incorpora agregado reciclado es más caro en el proceso de producción, sin embargo, representa una ventaja al momento de analizar la disposición final de los residuos de demolición.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	18
CAPITULO I. GENERALIDADES	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	24
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	24
1.3. OBJETIVOS	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	24
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	25
1.4.1. LIMITACIONES	27
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	28
2. MARCO TEÓRICO	28
2.1. EL CONCRETO	28
2.1.1. DEFINICIÓN	28
2.1.2. COMPONENTES DEL CONCRETO	28
2.1.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	32
2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO	44
2.2. DISEÑO DE MEZCLA	50
2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	50
2.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	50
2.3.1.1. TIPOS DE FALLA EN LOS ESPECÍMENES	51
2.3.2. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	52
2.3.3. RESISTENCIA AL CORTE	53
2.4. PAVIMENTO RÍGIDO	53
2.4.1. DEFINICIÓN	53
2.4.2. FACTORES DE DISEÑO	54
2.4.3. VARIABLES DE DISEÑO	54
2.4.4. CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO	56
2.5. RECICLAJE EN LA CONSTRUCCIÓN	59
2.5.1. CONCEPTOS GENERALES	59
2.5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SÓLIDOS	66
2.5.3. MANEJO DE RESIDUOS	66
2.5.4. SEGREGACIÓN DE RESIDUOS	67
2.5.5. IMPORTANCIA DEL RECICLADO DE CONCRETO	67

2.5.6.	BENEFICIOS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	68
2.5.7.	DESVENTAJAS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	69
2.5.8.	PRODUCCIÓN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	70
2.6.	RECICLAJE DEL PAVIMENTO RÍGIDO	71
2.6.1.	ORIGEN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	71
2.6.2.	PROCEDIMIENTO DEL RECICLAJE	73
2.7.	PROPIEDADES DEL MATERIAL RECICLADO	74
2.8.	CONSIDERACIONES PARA EL PROCESAMIENTO DE PRODUCCION DE AGREGADOS A PARTIR DE RESIDUOS DE CONCRETO	78
2.8.1.	CONSIDERACIONES	78
2.8.2.	EFFECTOS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO	80
2.9.	PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO ELABORADO CON AGREGADOS RECICLADOS	85
2.10.	PROPORCIÓN PARA DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO	87
2.11.	PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS	92
2.12.	APLICACIONES	93
2.13.	CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES	98
2.14.	ASPECTOS ECONÓMICOS	99
2.15.	NORMATIVIDAD	100
2.16.	ESTADÍSTICA Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	102
2.16.1.	ESTADÍSTICA	102
2.16.2.	LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DEL CONCRETO	103
2.16.3.	PRUEBAS DE HIPÓTESIS	104
2.17.	HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES	111
2.17.1.	HIPÓTESIS	111
2.17.1.1.	HIPÓTESIS GENERAL	111
2.17.1.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	111
2.17.2.	VARIABLES	111
2.17.2.1.	VARIABLES GENERALES	111
2.17.2.2.	VARIABLES ESPECÍFICAS	112
2.17.3.	DIMENSIONES E INDICADORES	112
2.17.3.1.	DIMENSIONES GENERALES	112
2.17.3.2.	DIMENSIONES ESPECÍFICAS	112

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	114
3. MARCO METODOLÓGICO	114
3.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	114
3.1.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	114
3.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	114
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	115
3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO	115
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	115
3.3.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN	115
3.3.2. DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA	115
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	116
3.4.1. TRATAMIENTO DEL MATERIAL RECICLADO	116
3.4.1.1. DATOS DE LA OBRA DE DONDE FUE RECICLADO EL PAVIMENTO RÍGIDO DEMOLIDO	116
3.4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CALLES Y EL ESTADO DEL PAVIMENTO	120
3.4.1.3. RECICLAJE DEL PAVIMENTO RÍGIDO	122
3.4.2. PROCESAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO	123
3.4.2.1. TRITURACIÓN DEL CONCRETO	123
3.4.2.2. GRADUACIÓN O TAMIZADO	125
3.4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS COMPONENTES DEL CONCRETO ...	127
3.4.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD	127
3.4.3.2. PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS	130
3.4.3.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS	135
3.4.3.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	146
3.4.3.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS ...	150
3.4.3.6. ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½")	158
3.4.4. DISEÑO DE MEZCLAS	162
3.4.4.1. CEMENTO	162
3.4.4.2. AGREGADOS NATURALES	163
3.4.4.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS	164
3.4.4.3. AGREGADOS RECICLADOS Y COMBINADOS	168
3.4.4.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS	168
3.4.4.4. AGUA	178
3.4.4.5. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES	179
3.4.5. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO	197
3.4.5.1. APARATOS	198
3.4.5.2. ESPECÍMENES	200

3.4.5.3.	PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES	200
3.4.5.4.	PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO	201
3.4.5.5.	ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES	203
3.4.5.6.	CURADO	208
3.4.6.	ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO FRESCO	210
3.4.6.1.	ASENTAMIENTO NTP 339.035	210
3.4.7.	ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO ENDURECIDO	213
3.4.7.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	213
3.4.8.	COSTO DE LOS MATERIALES	226
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS		234
4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO, PRUEBA DE HIPÓTESIS Y DISCUSIÓN DE VARIABLES	234
4.1.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	234
4.1.1.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 0% AR	235
4.1.2.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 20% AR	236
4.1.3.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 40% AR	237
4.1.4.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 60% AR	238
4.1.5.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 0% AR	239
4.1.6.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 20% AR	240
4.1.7.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 40% AR	241
4.1.8.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 60% AR	242
4.1.9.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 0% AR	243
4.1.10.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 20% AR	244
4.1.11.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 40% AR	245
4.1.12.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 60% AR	246

4.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	246
4.2.1.	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA CONCRETO CON AGREGADO $\frac{1}{2}$ "	247
4.2.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA CONCRETO CON AGREGADO $\frac{3}{4}$ "	252
4.2.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA CONCRETO CON AGREGADO 1"	257
4.3.	DISCUSIÓN DE VARIABLES	262
4.3.1.	DISCUSIÓN DE VARIABLE POR OBJETIVO	264
4.3.2.	VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	268
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS		272
5.1.	CONCLUSIONES	272
5.2.	SUGERENCIAS	277
BIBLIOGRAFÍA		279
ANEXOS		282

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01 Estado de saturación de los agregados	40
Figura N° 02 Esquema de los patrones de tipos de fallas	51
Figura N° 03 Distribución normal	110
Figura N° 04 Ubicación del punto de extracción del pavimento rígido en demolición ...	120
Figura N° 05 Trabajos de demolición del pavimento rígido (1)	121
Figura N° 06 Acopio de material a reciclar	122
Figura N° 07 Traslado de bloques de concreto reciclado al laboratorio de la UNHEVAL	123
Figura N° 08 Pesado de bloques de concreto	124
Figura N° 09 Trituración manual de bloques de concreto	124
Figura N° 10 Agregado reciclado sin graduar	124
Figura N° 11 Separación mediante tamizado de agregados gruesos reciclados	125
Figura N° 12 Separación mediante tamizado de agregados gruesos reciclados (2) ...	125
Figura N° 13 Agregado reciclado de 1" almacenado	126
Figura N° 14 Agregado reciclado de 3/4" almacenado	126
Figura N° 15 Agregado reciclado de 1/2" almacenado	126
Figura N° 16 Ensayo de Contenido de humedad	128
Figura N° 17 Ensayo de Peso Unitario	132
Figura N° 18 Ensayo de Análisis Granulométrico de los agregados	137
Figura N° 19 Prueba del cono durante el ensayo de gravedad específica.	148
Figura N° 20 Extracción de aire del matraz durante el ensayo de gravedad específica ...	148
Figura N° 21 Pesado de la muestra final durante el ensayo de gravedad específica	149
Figura N° 22 Pesaje de muestra en el estado S.S.S. durante ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos	152
Figura N° 23 Pesaje de muestra sumergida en agua, ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos	152
Figura N° 24 Secado de las muestras a temperatura ambiente, ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos	153
Figura N° 25 Pesaje de muestras recombinadas para ensayo de Abrasión Los Ángeles	159
Figura N° 26 Colocación de muestra y carga abrasiva en la maquina Los Ángeles	160
Figura N° 27 Descarga de muestra y tamizado durante ensayo de Abrasión Los Ángeles	160
Figura N° 28 Cantera de Pitumama	163
Figura N° 29 Moldes para especímenes de concreto	198
Figura N° 30 Almacenamiento y preparación de materiales	201
Figura N° 31 Mezclado con máquina	202
Figura N° 32 Tanda de concreto mezclado	203
Figura N° 33 Preparado de especímenes por capas	205
Figura N° 34 Consolidación por varillado de los especímenes	207

Figura N° 35 Acabado de los especímenes	207
Figura N° 36 Almacenamiento de los especímenes	208
Figura N° 37 Desmoldado de los especímenes	209
Figura N° 38 Especímenes desmoldados y rotulados	209
Figura N° 39 Curado de los especímenes	210
Figura N° 40 Medida de asentamiento durante ensayo en concreto fresco 1	211
Figura N° 41 Medida de asentamiento durante ensayo en concreto fresco 2	211
Figura N° 42 Máquina de ensayo	214
Figura N° 43 Registro de medidas de los especímenes	215
Figura N° 44 Retirado de curado de especímenes	216
Figura N° 45 Colocado de especímenes en la máquina de ensayo	217
Figura N° 46 Ensayo propiamente dicho de los especímenes	218
Figura N° 47 Retirado de los especímenes ensayados	219
Figura N° 48 Patrones de tipos de fracturas en los especímenes ensayados 1	220
Figura N° 49 Patrones de tipos de fracturas en los especímenes ensayados 2	220
Figura N° 50 Patrones de tipos de fracturas en los especímenes ensayados 3	220
Figura N° 51 Patrones de tipos de fracturas en los especímenes ensayados 4	221

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01 Curva granulométrica del agregado fino natural	163
Gráfico N° 02 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2"	164
Gráfico N° 03 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4"	164
Gráfico N° 04 Curva granulométrica del agregado grueso 1"	165
Gráfico N° 05 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2" con 20% de A.R.	168
Gráfico N° 06 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2" con 40% de A.R.	169
Gráfico N° 07 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2" con 60% de A.R.	169
Gráfico N° 08 Curva granulométrica del agregado grueso reciclado de 1/2"	169
Gráfico N° 09 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4" con 20% de A.R.	170
Gráfico N° 10 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4" con 40% de A.R.	170
Gráfico N° 11 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4" con 60% de A.R.	170
Gráfico N° 12 Curva granulométrica del agregado grueso reciclado de 3/4"	171
Gráfico N° 13 Curva granulométrica del agregado grueso 1" con 20% de A.R.	171
Gráfico N° 14 Curva granulométrica del agregado grueso 1" con 40% de A.R.	171
Gráfico N° 15 Curva granulométrica del agregado grueso 1" con 60% de A.R.	172
Gráfico N° 16 Curva granulométrica del agregado grueso reciclado de 1"	172
Gráfico N° 17 Desgaste de los agregados de acuerdo a la incorporación de los agregados reciclados en %	177
Gráfico N° 18 Curva de asentamiento para el agregado de 1/2"	212
Gráfico N° 19 Curva de asentamiento para el agregado de 3/4"	212
Gráfico N° 20 Curva de asentamiento para el agregado de 1"	212
Gráfico N° 21 Porcentaje promedio de resistencia 29 días, $f'c=210$ kg/cm ² – Agregado 1/2"	222
Gráfico N° 22 Porcentaje promedio de resistencia 29 días, $f'c=210$ kg/cm ² – Agregado 3/4"	222
Gráfico N° 23 Porcentaje promedio de resistencia 29 días, $f'c=210$ kg/cm ² – Agregado 1"	223
Gráfico N° 24 Tipos de falla por especímenes para agregado de 1/2"	225
Gráfico N° 25 Tipos de falla por especímenes para agregado de 3/4"	225
Gráfico N° 26 Tipos de falla por especímenes para agregado de 1"	225
Gráfico N° 27 Costo de producción de m ³ concreto con agregado grueso 1/2" según concentración de AR	232
Gráfico N° 28 Costo de producción de m ³ concreto con agregado grueso 3/4" según concentración de AR	232
Gráfico N° 29 Costo de producción de m ³ concreto con agregado grueso 1" según concentración de AR	232

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01 Granulometría del agregado fino	33
Tabla N° 02 Requisitos granulométricos de los agregados gruesos	34
Tabla N° 03 Resistencias mecánicas de los agregados gruesos	35
Tabla N° 04 Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor de módulo de finura	36
Tabla N° 05 Clasificación de los agregados según su masa unitaria	38
Tabla N° 06 Acción de altas temperaturas sobre el hormigón	49
Tabla N° 07 Periodos de Análisis	55
Tabla N° 08 Índice de serviciabilidad final	59
Tabla N° 09 Valores de dispersión en el control de concreto	102
Tabla N° 10 Cuadro de interpolación para obtener "Z"	108
Tabla N° 11 Determinación de la muestra	116
Tabla N° 12 Contenido de humedad de los agregados finos	129
Tabla N° 13 Contenido de humedad de los agregados gruesos	129
Tabla N° 14 Contenido de humedad de los agregados gruesos reciclados	130
Tabla N° 15 Peso unitario de los agregados finos	133
Tabla N° 16 Peso unitario de los agregados gruesos 1/2"	133
Tabla N° 17 Peso unitario de los agregados gruesos 3/4"	134
Tabla N° 18 Peso unitario de los agregados gruesos 1"	134
Tabla N° 19 Peso unitario de los agregados gruesos reciclados 1/2"	134
Tabla N° 20 Peso unitario de los agregados gruesos reciclados 3/4"	135
Tabla N° 21 Peso unitario de los agregados gruesos reciclados 1"	135
Tabla N° 22 Granulometría del agregado fino.	138
Tabla N° 23 Granulometría del agregado grueso 1/2"	138
Tabla N° 24 Granulometría del agregado grueso 1/2" con 20% de agregado reciclado	139
Tabla N° 25 Granulometría del agregado grueso 1/2" con 40% de agregado reciclado	139
Tabla N° 26 Granulometría del agregado grueso 1/2" con 60% de agregado reciclado	140
Tabla N° 27 Granulometría del agregado grueso reciclado 1/2"	140
Tabla N° 28 Granulometría del agregado grueso 3/4"	141
Tabla N° 29 Granulometría del agregado grueso 3/4" con 20% de agregado reciclado	141
Tabla N° 30 Granulometría del agregado grueso 3/4" con 40% de agregado reciclado	142
Tabla N° 31 Granulometría del agregado grueso 3/4" con 60% de agregado reciclado	142
Tabla N° 32 Granulometría del agregado grueso reciclado 3/4"	143
Tabla N° 33 Granulometría del agregado grueso 1"	143
Tabla N° 34 Granulometría del agregado grueso 1" con 20% de agregado reciclado ...	144
Tabla N° 35 Granulometría del agregado grueso 1" con 40% de agregado reciclado ...	144
Tabla N° 36 Granulometría del agregado grueso 1" con 60% de agregado reciclado ...	145
Tabla N° 37 Granulometría del agregado grueso reciclado 1"	145

Tabla N° 38 Gravedad específica y absorción de los agregados finos	150
Tabla N° 39 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1/2"	154
Tabla N° 40 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1/2" con 20% AR	154
Tabla N° 41 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1/2" con 40% AR	154
Tabla N° 42 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1/2" con 60% AR	155
Tabla N° 43 Peso específico y absorción de los agregados gruesos reciclados 1/2" ...	155
Tabla N° 44 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 3/4"	155
Tabla N° 45 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 3/4" con 20% AR	155
Tabla N° 46 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 3/4" con 40% AR	156
Tabla N° 47 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 3/4" con 60% AR	156
Tabla N° 48 Peso específico y absorción de los agregados gruesos reciclados 3/4" ...	156
Tabla N° 49 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1"	156
Tabla N° 50 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1" con 20% AR ...	157
Tabla N° 51 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1" con 40% AR ...	157
Tabla N° 52 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1" con 60% AR ...	157
Tabla N° 53 Peso específico y absorción de los agregados gruesos reciclados 1"	157
Tabla N° 54 Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2")	161
Tabla N° 55 Características físicas de los agregados	166
Tabla N° 56 Características físicas de los agregados	174
Tabla N° 57 Absorción de los agregados	180
Tabla N° 58 Contenido de humedad de los agregados	180
Tabla N° 59 Peso unitario de los agregados	181
Tabla N° 60 Tamaño máximo nominal de los agregados	181
Tabla N° 61 Módulo de fineza de los agregados	181
Tabla N° 62 Peso específico de los agregados	181
Tabla N° 63 Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	182
Tabla N° 64 Selección de volumen unitario de agua para agregado de 1/2"	183
Tabla N° 65 Selección de volumen unitario de agua para agregado de 3/4"	183
Tabla N° 66 Selección de volumen unitario de agua para agregado de 1"	183
Tabla N° 67 Cantidad de agua	183
Tabla N° 68 Contenido de aire atrapado	184
Tabla N° 69 Contenido de aire	184
Tabla N° 70 Relación agua/cemento	184
Tabla N° 71 Factor cemento	185
Tabla N° 72 Volumen absoluto de la pasta (1/2")	185
Tabla N° 73 Volumen absoluto de la pasta (3/4")	185

Tabla N° 74 Volumen absoluto de la pasta (1")	186
Tabla N° 75 Volumen de los agregados	186
Tabla N° 76 Módulo de fineza de la combinación de agregados	186
Tabla N° 77 Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m3 indicados ...	187
Tabla N° 78 Porcentaje de intervención del agregado grueso y agregado fino (1/2")	188
Tabla N° 79 Porcentaje de intervención del agregado grueso y agregado fino (3/4")	188
Tabla N° 80 Porcentaje de intervención del agregado grueso y agregado fino (1")	188
Tabla N° 81 Volumen absoluto de los agregados (1/2")	189
Tabla N° 82 Volumen absoluto de los agregados (3/4")	189
Tabla N° 83 Volumen absoluto de los agregados (1")	189
Tabla N° 84 Pesos secos de los agregados (1/2")	190
Tabla N° 85 Pesos secos de los agregados (3/4")	190
Tabla N° 86 Pesos secos de los agregados (1")	191
Tabla N° 87 Valores de diseño preliminar (1/2")	191
Tabla N° 88 Valores de diseño preliminar (3/4")	191
Tabla N° 89 Valores de diseño preliminar (1")	191
Tabla N° 90 Desagregado de los finos, gruesos y reciclados (1/2")	192
Tabla N° 91 Desagregado de los finos, gruesos y reciclados (3/4")	192
Tabla N° 92 Desagregado de los finos, gruesos y reciclados (1")	193
Tabla N° 93 Aporte de agua (1/2")	193
Tabla N° 94 Aporte de agua (3/4")	194
Tabla N° 95 Aporte de agua (1")	194
Tabla N° 96 Aporte de agua real (1/2")	195
Tabla N° 97 Aporte de agua real (3/4")	195
Tabla N° 98 Aporte de agua real (1")	196
Tabla N° 99 Proporciones finales en kg. y lt. (1/2")	196
Tabla N° 100 Proporciones finales en kg. y lt. (3/4")	196
Tabla N° 101 Proporciones finales en kg. y lt. (1")	197
Tabla N° 102 Proporciones finales en proporción y lt. (1/2")	197
Tabla N° 103 Proporciones finales en proporción y lt. (3/4")	197
Tabla N° 104 Proporciones finales en proporción y lt. (1")	197
Tabla N° 105 Número de capas requerida por espécimen	205
Tabla N° 106 Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldear especímenes de prueba	206
Tabla N° 107 Asentamiento del concreto	212
Tabla N° 108 Porcentaje promedio de resistencia 29 días f'c=210 kg/cm2- Agregado 1/2"	221

Tabla N° 109 Porcentaje promedio de resistencia 29 días $f'c=210$ kg/cm ² - Agregado 3/4"	222
Tabla N° 110 Porcentaje promedio de resistencia 29 días $f'c=210$ kg/cm ² - Agregado 1"	223
Tabla N° 111 Tipo de falla por especímenes para agregados de 1/2"	224
Tabla N° 112 Tipo de falla por especímenes para agregados de 3/4"	224
Tabla N° 113 Tipo de falla por especímenes para agregados de 1"	224
Tabla N° 114 Costo de producción de agregado grueso reciclado por m ³	230
Tabla N° 115 Costo de producción de concreto	231
Tabla N° 116 Matriz de consistencia	271



INTRODUCCION

En los últimos años la creciente demanda de agregados naturales para satisfacer la producción de concreto, que a su vez cubre la demanda de la necesidad de las obras civiles que son necesarias para el desarrollo de nuestra sociedad ha venido aumentando la explotación de las canteras que traen consigo la depredación de los lechos de los ríos y por lo consiguiente la depredación de la flora y la fauna de los ríos.

Por otro lado, el creciente aumento de la producción de residuos de demolición de obras civiles ha venido afectando zonas no acondicionadas para ser usadas como botaderos, y peor aún estos desechos son vertidos sin tratamiento alguno.

Buscando la forma de mitigar estos problemas, el reciclaje se manifiesta como una alternativa sostenible de preservar nuestro medio ambiente, reutilizando las materias que normalmente van a parar a botaderos clandestinos, optimizando de esta manera los recursos naturales y practicando el reciclaje. Actualmente en nuestra ciudad no se tiene registro de prácticas de reciclaje de concreto, los mismo que representan un problema al momento de buscar una alternativa para su disposición final de manera responsable.

La presente investigación, está orientada a realizar el estudio del comportamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido para que se pueda utilizar como agregado grueso en la producción de concreto nuevo.



También está enfocada a determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados gruesos reciclado y compararlos con los agregados convencionales o naturales, para seguidamente diseñar concretos que puedan alcanzar las resistencias deseadas. Se pretende realizar las comparaciones con los grupos patrones para cada tamaño de agregado y por ultimo realizar un análisis de ventajas y desventajas de su uso.



CAPITULO I. GENERALIDADES

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

Nuestro planeta puede verse como un sistema cerrado y por lo tanto con recursos finitos. Es imposible detener el aprovechamiento de estos recursos, pero podemos hacerlo más racional. Por su parte, la vivienda que es una demanda social básica, se ha venido incrementando de manera exponencial en función al crecimiento de la población.

El concreto es el segundo material más consumido en el mundo después del agua y constituye la base del entorno urbano. El consumo mundial de cemento alcanzó el 4,129 Mt en el 2016, logrando un avance de 1.8% con respecto al año 2015 y, en el 2015, se contrajo en 2.4% con respecto al 2014. China continuó liderando la demanda de cemento con 2,395Mt en el 2016, alcanzando el 58% de la participación mundial. Dicha participación alcanzó su punto máximo en el año 2014 con 59.4% (ASOCEM, 2018), de la misma manera las viviendas necesitan de accesibilidad y planificación, es ahí donde el pavimento rígido toma protagonismo ya que representa un elemento importante en el urbanismo, el cual se encarga de proveer de transitabilidad a los vehículos y en consecuencia a las personas, es así como estos sectores representan casi la totalidad de la demandad de materia



prima, principalmente los áridos, en tal sentido se debería plantear la posibilidad de reutilizar estos recursos.

En el Perú, El Panorama Económico Nacional para el mes de agosto de 2017 presentó cifras estables de crecimiento, el Sector Construcción registró un aumento de 4.78%, debido al aumento registrado en el consumo interno de cemento en 3.52%, el sub sector transporte creció 1.72% e igualmente creció el avance físico de obras en 9.60% (INEI, 2017) lo cual viene de la mano con el crecimiento de la demanda del uso de materia prima como los áridos.

Al tratar de cubrir esta demanda, la industria de la construcción genera grandes cantidades de desechos, debido a que, estos se pueden generar en el proceso de construcción y/o por la eliminación de los residuos de demolición de construcciones existentes.

El Sector Vivienda y Saneamiento indica como sus principales residuos una clasificación indefinida (tierra y polvo de construcción, residuos de madera y afines), con un porcentaje de 96.14%; el segundo tipo de residuo de mayor importancia son los residuos de construcción, con un 3.58%. Este mismo sector generó en el año 2012 166,182.00 Tn de residuos, siendo el segundo sector con mayor generación de residuos sólidos declarados, solo debajo del subsector de Agricultura, que generó 10'769,991.00 Tn. (Ministerio del Ambiente , 2014). Sin tomar en cuenta los residuos generados a partir de las diferentes actividades



de la reconstrucción a causa de los desastres naturales que se produjeron en los últimos años, y los residuos que se generaran en los años subsiguientes.

Generalmente los residuos generados por el sector construcción no se aprovechan y van a parar a botaderos clandestinos o se utilizan como relleno sobre la cual se construyen zonas urbanas, esto genera una mala imagen urbanística y representa un peligro latente ya que gran porcentaje de las viviendas en el Perú son autoconstruidas sobre estos rellenos empíricos o no controlados, a pesar que de acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 003 – VIVIENDA, 2013 está prohibido el abandono de residuos en bienes de dominio público; playas, parques, vías, caminos, áreas conservadas, bienes reservados y afectando el uso de la defensa nacional; aras arqueológicas, áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento; cuerpos de agua, marinas y continentales, acantilados; así como bienes de dominio hidráulico tales como cauces, lechos, riveras de los cuerpos de agua, playas, restingas, fajas marginales y otros considerados en la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, o que sean considerados de dominio público.

La ciudad de Huánuco tiene como una de sus principales actividades, la Construcción (INEI, 2017). La actividad de la construcción ha sido la de mayor dinamismo en la región en el periodo 2007 – 2014,



prácticamente triplicando el promedio para el agregado regional. La ejecución de importantes obras privadas como la Hidroeléctrica de Chaglla, los centros comerciales, complejos de vivienda y la autoconstrucción, impulsada por los migrantes de Cerro de Pasco. (Banco Central de Reserva del Perú, 2015). En los últimos años vemos que la generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se dan en diferentes niveles, ya sean en obras de grande o mediana escala y en obras menores tales como la demolición total o parcial para fines de ampliación o remodelación de una vivienda, o simplemente una mejora en ella. La ausencia de un sistema de gestión de los RCD genera que estos sean depositados en vertederos clandestinos a las afueras de la ciudad, donde generalmente se desarrollan zonas urbanas, en lo cauces de las quebradas y ríos, generando contaminación y congestión del flujo natural de las aguas, y en el mejor de los casos, los RCD se depositan es en el derecho de vía de la carretera central (parte baja) para ampliar los terrenos accidentados y convertirlos de esta manera en áreas aprovechables para la construcción, generalmente comercio.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el comportamiento del agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso procedente de la demolición del pavimento rígido?
- ¿Se podrá alcanzar la resistencia a la compresión del concreto deseada usando agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido en la producción de concreto nuevo con respecto al uso de material agregado tradicional?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio del comportamiento del agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo.



1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso procedente de la demolición del pavimento rígido.
- Analizar si se podrá alcanzar la resistencia a la compresión deseada usando agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido.
- Analizar las ventajas y desventajas del uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido en la producción de concreto nuevo con respecto al uso de material agregado tradicional.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El consumo per-cápita de concreto alcanzó los 557Kg en el 2016, logrando un avance de 0.7% con respecto al 2015. Sin embargo, aún se encuentra por debajo de los niveles alcanzados en el 2014 (574 Kg) y en el 2013 (565 Kg). Excluyendo a China, el consumo per-cápita alcanzó los 287Kg en el 2016. (ASOCEM, 2018)

El concreto reciclado, también denominado por algunos especialistas como “concreto sustentable” es aquel constituido por agregados de materiales reciclados (en sustitución parcial o total de los naturales); es decir, agregados procedentes de residuos o de demoliciones que se someten a procesos de cribado, triturado y tratamiento para formar parte del nuevo concreto. El empleo de material reciclado en la



construcción tiene su origen en Alemania, después de la Segunda Guerra Mundial en que las múltiples destrucciones de las ciudades obligaron a los constructores a hacer uso del material disponible en mayores proporciones: el escombros. (Vidaud, Castaño, & Vidaud, 2013)

En nuestro país los residuos de construcción y demolición no son aprovechados y en su gran mayoría son desechados en rellenos clandestinos; como se vio anteriormente, en el mundo se ha iniciado una cultura de reciclaje del concreto, y nuestro país es ajeno a ello. Si bien es cierto nuestro país es rico en materia prima, debemos tomar conciencia del uso desmedido que realizamos con los agregados ya que su extracción genera alteraciones de los ecosistemas y muchas veces su depredación. Además de ello debemos tomar en consideración que los recursos que ya fueron utilizados representan un potencial elemento contaminante y se debería disminuir o mitigar.

En nuestro entorno se generan cantidades significativas de escombros producto de la demolición de estructuras de concreto que cumplieron con su vida útil, que necesitan ser reemplazados para dar paso a estructuras que cumplan con los estándares actuales de seguridad y otros factores o que ya no son necesarias y deben ser reemplazadas por estructuras más grandes de acuerdo a la necesidad actual. Estas actividades generan la utilización de concreto y por ende de agregados



naturales para su elaboración, lo que acrecienta la necesidad de la explotación de canteras, atentando con los recursos no renovables, en tal sentido, la utilización de material agregado reciclado nos permite disminuir la demanda de material y en consecuencia la conservación del medio ambiente.

El pavimento no es ajeno a esta realidad, nuestro país por ser un país en subdesarrollo, se encuentra en crecimiento exponencial en cuanto a desarrollo urbano, ya sea la necesidad de reemplazar el pavimento de nuestras calles, o la necesidad de la construcción de pavimentos nuevos, la utilización de los áridos es indispensable.

Nuestra realidad nos exige conservar nuestra red vial dentro de las zonas urbanas en condiciones adecuadas de nivel de seguridad y confort del tráfico, ya que esta juega un papel importante en cuanto a movilización de recursos necesarios para subsistir. Esta misma demanda nos impulsa a buscar nuevas técnicas que nos permitan reducir costos y ser amigables con el medio ambiente. En tal sentido, el reciclado del pavimento rígido toma protagonismo y se convierte en una necesidad actual.

1.4.1. LIMITACIONES

Falta de equipo de trituración de escombros para la obtención de agregado gruesos a partir de los mismos.



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EL CONCRETO

2.1.1. DEFINICIÓN

Mezcla de material aglomerante (conglomerado) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (NTP 339.047, 2006)

2.1.2. COMPONENTES DEL CONCRETO

- **CEMENTO PORTLAND**

Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización de clinker de portland compuesto esencialmente silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. (NTP 339.047, 2006)

- **AGUA**

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la



mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

- **AGREGADOS**

Es un conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaboradas y cuyas dimensiones están comprometidas entre los límites fijados por la NTP 400.037. (NTP 339.047, 2006)

- ✓ **CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS**

- **AGREGADOS NATURALES.** - Son aquellos procedentes de la explotación de fuentes naturales tales como: depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Pueden usarse tal



como se hallen o variando la distribución de tamaños de sus partículas, si ello se requiere. Todas las partículas que provienen de los agregados tienen su origen en una masa mayor la que se ha fragmentado por procesos naturales como intemperismo y abrasión, o mediante trituración mecánica realizada por el hombre, por lo que gran parte de sus características vienen dadas por la roca madre que le dio su origen.

De acuerdo a la geología histórica; estos se transforman por fenómenos internos de la tierra, al solidificarse y enfriarse el magma (masa de materias en fusión), se forman las rocas originales o ígneas y posteriormente, por fenómenos geológicos externos, tales como la meteorización, con el tiempo se forman las rocas sedimentarias, al sufrir la acción de procesos de presión y temperatura forman el tercer grupo de las denominadas rocas metamórficas, esto se conoce como el ciclo geológico que está en permanente actividad. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

- **AGREGADOS ARTIFICIALES.** - Por lo general, los agregados artificiales se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcillas expandidas,



escorias de alto horno, clinker, limaduras de hierro y otros, comúnmente estos son de mayor o menor densidad que los agregados corrientes.

Actualmente se están utilizando concretos ligeros o ultraligeros, formados con algunos tipos de áridos los cuales deben presentar ciertas propiedades como son: forma de los granos compacta, redondeada con la superficie bien cerrada, ninguna reacción perjudicial con la pasta de cemento ni con el refuerzo, invariabilidad de volumen, suficiente resistencia a los fenómenos climatológicos; además deben de tener una densidad lo menor posible, con una rigidez y una resistencia propia suficientemente elevada y ser de calidad permanente y uniforme. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

- **AGREGADOS RECICLADO.** – agregado proveniente de tratamiento de materiales inorgánicos usados en construcción. (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, NTP 339.047, 2006)

- **ADITIVOS**

Es el producto químico que, añadido en pequeña cantidad al concreto, permite mejorar ciertas propiedades, cualidades deseadas, tanto para el hormigón (concreto), en su estado fresco



como endurecido. Se encuentra en el mercado en forma de polvos solubles, escamas o soluciones. (NTP 339.047, 2006)

2.1.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

- **GRANULOMETRÍA**

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su determinación mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales acumulados. (NTP 339.047, 2006)

El análisis granulométrico consiste en hacer pasar el agregado a través de una serie de tamices que tienen aberturas cuadradas y cuyas características deben de ajustarse a la NTP 400.037 basado en ASTM C 33/C33M.

- ✓ **AGREGADO FINO**

Es el agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, NTP 339.047, 2006), son las siguientes:

- Estos deben tener la gradación según la siguiente tabla:



TAMIZ	PORCENTAJE DE PASA
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Tabla N° 01 Granulometría del agregado fino

FUENTE: (NTP 400.037, 2014)

- El agregado fino no tendrá más de 45% entre dos mallas consecutivas y su módulo de fineza no será menor de 2.3 ni mayor de 3.1.
- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las condiciones de gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de resistencia requerida a satisfacción de las partes.

✓ **AGREGADO GRUESO**

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N° 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca. (NTP 339.047, 2006)

- El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la siguiente tabla según los husos especificados:



Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	...	0 a 5	...	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 pulg a 3/4 pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	...	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	...	...	...	...	...	...	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Tabla N° 02 Requisitos granulométricos de los agregados gruesos
FUENTE: (NTP 400.037, 2014)

“Aprovechamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido en la producción de concreto nuevo en la ciudad de Huánuco - 2018”

Bach. Ing. Civil Keyth Dany Tarazona Beraún



- La resistencia mecánica de los agregados gruesos será conforme a lo establecido en la siguiente tabla:

MÉTODOS ALTERNATIVOS	NO MAYOR QUE
Abrasión (Método los Ángeles)	50%
Valor de impacto de rango (VIA)	30%

Tabla N° 03 Resistencias mecánicas de los agregados gruesos
FUENTE: (NTP 400.037, 2014)

- **CURVAS GRANULOMÉTRICAS**

Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. (NTP 339.047, 2006)

- **MÓDULO DE FINEZA/FINURA**

Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie específica y dividido por 100. (NTP 339.047, 2006)

El módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Se obtiene sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada);



19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1. (NTP 400.012, 2013)

El módulo de finura se puede calcular a cualquier material, sin embargo, se recomienda determinar el módulo de finura al agregado fino y según su valor, este agregado se puede clasificar tal como se presenta en la siguiente tabla: (Gerardo A. Rivera L., 2015)

MODULO DE FINURA	AGREGADO FINO
Menor que 2,00	Muy fino o extra fino
2,00 – 2,30	Fino
2,30 – 2,60	Ligeramente fino
2,60 – 2,90	Mediano
2,90 – 3,20	Ligeramente grueso
3,20 – 3,50	Grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extra grueso

Tabla N° 04 Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor de módulo de finura.

FUENTE: (Gerardo A. Rivera L., 2015)

- **TAMAÑO MÁXIMO**

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. (NTP 339.047, 2006)

- **TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (NTP 339.047, 2006)

- **MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200**

El suelo fino (material que pasa el tamiz No. 200- 74µm) puede estar presente como polvo o puede estar recubriendo las partículas del



agregado, aun cuando delgadas capas de limo o arcilla cubran las partículas, puede haber peligro porque debilitan la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas del agregado, perjudicando la resistencia y la durabilidad de las mezclas. Si están presentes algunos tipos de limos y arcillas en cantidades excesivas, el agua necesaria en la mezcla puede aumentar considerablemente. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

La cantidad de suelo fino presente en el agregado se puede determinar por el método de Lavado con Agua, el principio del ensayo consiste en evaluar el recubrimiento superficial que no puede tener un agregado como consecuencia del material fino pasante del tamiz normalizado $74\mu\text{m}$ (No. 200) y su potencial de perjudicar el comportamiento de hormigones (concreto) o morteros en los que pueda ser empleado. Para tal evaluación, el agregado se somete a un proceso de sedimentación y tamizado por vía húmeda. (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, NTP 400.018, 2013)

- **PESO ESPECÍFICO**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas. Los valores son adimensionales. (NTP 400.021, 2002)



Depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, ya sean agregados naturales o artificiales. Esta distinción es necesaria porque afecta la densidad del concreto (ligero, normal o pesado) que se desea producir como se indica en la siguiente tabla: (Gerardo A. Rivera L., 2015)

TIPO DE CONCRET O	MASA UNIT. APROX. CCTO. Kg/m ³	MASA UNIT. AGREGADO Kg/m ³	EJEMPLO DE UTILIZACIÓN	EJEMPLO DE ABGREGADO
Ultraligero	500-800		Concreto para aislamiento	Piedra pómez Ag. Ultraligero
Ligero	950-1350 1450-1950	480-1040	Rellenos y mampostería no estructural Estructural	Perlita Ag. Ultraligero
Normal	2250-2450	1300-1600	Ccto. Estructural Y no estruct.	Agregado de río o triturado
Pesado	3000-5600	3400-7500	Concreto para proteger de radiación ganma ó X, y contrapesos	Hematita, barita, coridón, magnetita

Tabla N° 05 Clasificación de los agregados según su masa unitaria.

FUENTE: (Gerardo A. Rivera L., 2015)

- ✓ **PESO ESPECÍFICO APARENTE.-** Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (NTP 400.021, 2002)
- ✓ **PESO ESPECÍFICO DE MASA.-** Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (NTP 400.021, 2002)



✓ **PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO**

SUPERFICIALMENTE SECO (SSS).- Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas. (NTP 400.021, 2002)

• **GRAVEDAD ESPECÍFICA**

La Gravedad Específica es la relación entre la densidad del agregado y la del agua (1000 kg/m^3). Sin embargo, todos los agregados son porosos hasta cierto punto, lo que permite la entrada de agua en los espacios de los poros o capilares cuando se colocan en la mezcla de hormigón, o bien, ya están húmedos cuando entran al hormigón. Por lo tanto, la definición cuidadosa de la gravedad específica debe tomar en cuenta tanto el peso como el volumen de la porción de agua contenida dentro de las partículas. El agua libre que se encuentra sobre las superficies exteriores del agregado húmedo no entra en el cálculo de la gravedad específica, pero contribuye a la relación A/C del hormigón. Se presentan cuatro estados en el agregado ilustrados en la siguiente figura,

dependiendo del contenido de agua en sus poros y superficie:

(Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

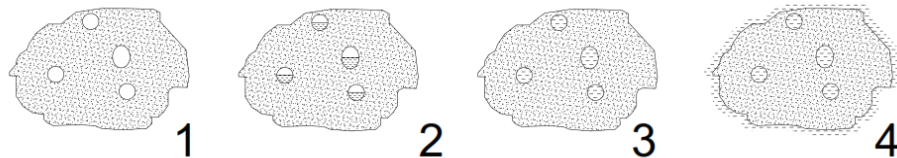


Figura N° 01 Estado de saturación de los agregados.

(1) Seco (Secado al horno)

(2) Parcialmente Saturado

(3) Saturado con la superficie seca (SSD, por sus siglas en ingles);
poros llenos de agua y seco en la superficie.

(4) Saturado húmedo en la superficie; poros llenos de agua y
húmedo en la superficie.

- **ABSORCIÓN Y HUMEDAD**

La absorción es el porcentaje de agua necesaria para saturar los agregados o el hormigón expresada con respecto a la masa de los materiales secos.

La estructura interna de las partículas de un agregado está conformada por materia sólida y por poros o huecos los cuales pueden contener agua o no. Las condiciones de humedad en que se puede encontrar un agregado serán:

SECO. - Ningún poro con agua.

HUMEDO NO SATURADO. - Algunos poros permeables con agua.



SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (S.S.S). - Todos los poros permeables llenos de agua y el material seco en la superficie.

HUMEDO SOBRESATURADO. - Todos los poros permeables contienen agua y además el material tiene agua en la superficie (agua libre).

Dependiendo de las condiciones de humedad que tenga el agregado, puede quitar o aportar agua a la mezcla (porque se considera que el agregado se satura y el agua libre es la que reacciona con el cemento). Si la humedad del agregado es mayor que la absorción, el material tiene agua libre y está aportando agua a la mezcla; pero si por el contrario la humedad del agregado es menor que la absorción, el agregado le va a quitar agua a la mezcla para saturarse. Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento.

De otra parte, el agregado fino aumenta de volumen cuando está húmedo, la humedad superficial mantiene separadas las partículas produciendo el aumento de volumen conocido como "hinchamiento o expansión del agregado fino". (Gerardo A. Rivera L., 2015)

HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

✓ CONDICIONES EN OBRA

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condiciones de saturado y



superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial, condición ideal que pocas veces se da en la práctica. Cuando el agregado este húmedo sobresaturado, es la que suele presentarse con más frecuencia en la práctica; en agregados que están recientemente lavados, en cualquier agregado después de una lluvia, etc. La falta de consideración de la humedad superficial, que frecuentemente existe en los agregados, ocasiona graves pérdidas de resistencia del concreto.

Si los agregados están saturados y superficialmente secos no pueden absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado húmedo, origina un exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua sea agregando o restando un porcentaje adicional al dosaje del agua especificado, a fin de que el contenido de agua resulte correcto. (Flavio Abanto Castillo, 1996)

✓ **CONTENIDO DE HUMEDAD**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en



una muestra dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

(MTC, 2014)

✓ **ABSORCIÓN**

Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de saturado superficialmente, generalmente se expresa en porcentaje.

(Flavio Abanto Castillo, 1996)

✓ **HUMEDAD SUPERFICIAL**

La humedad superficial viene dada por la diferencia entre el contenido de humedad ($\% \omega$) y el porcentaje de absorción ($\% a$).

Casos que se presentan:

- Si $\% \omega > \% a$

En este caso el agregado aporta agua a la mezcla (agua libre) y dicha cantidad debe ser disminuida del agua en el diseño para encontrar el agua efectiva o neta.

- Si $\% \omega < \% a$

En este caso el agregado tomara agua de la mezcla (agua que le falta) para llegar a la condición ideal, debiendo aumentarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño. (Flavio Abanto Castillo, 1996)



- **PESO UNITARIO SECO, SUELTO Y COMPACTADO**

La masa unitaria de un material es la masa del material necesaria para llenar un recipiente de volumen unitario. En la masa unitaria además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas.

La masa unitaria puede determinarse compactada o suelta; la masa unitaria compactada se emplea en algunos métodos de dosificación de mezclas y la masa unitaria suelta sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si estos se venden por volumen (volumen suelto) como ocurre comúnmente. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

- **RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**

La resistencia al desgaste de un agregado se usa con frecuencia como indicador general de la calidad del agregado; esta característica es esencial cuando el agregado se va usar en concreto sujeto a desgaste como en el caso de los pavimentos rígidos. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

- **TRABAJABILIDAD**

Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque fresco, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. (NTP 339.047, 2006)



- **CONSISTENCIA**

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. (Flavio Abanto Castillo, 1996)

El grado de manejabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Así, por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado. Un método indirecto para determinar la manejabilidad de una mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de "asentamiento con el cono o slump". Es una prueba que se usa comúnmente en las construcciones de todo el mundo; la prueba no mide la trabajabilidad del concreto, sino que determina la consistencia o fluidez de la mezcla; es muy útil para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones determinadas. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

El ensayo de Abrams (en honor al desarrollador del "slump test" Duft Abrams) solo es aplicable en concretos plásticos, con asentamiento normal (mezclas ricas y con un correcto dosaje de agua). No tiene interés en las siguientes condiciones: (Flavio Abanto Castillo, 1996)



- ✓ En el caso de concretos sin asentamiento, de muy alta resistencia.
- ✓ Cuando el contenido de agua es menor a 160 lts por m³ de mezcla.
- ✓ En concretos con contenido apreciable de agregado grueso de tamaño máximo que sobrepasa las 2.5".

- **SEGREGACIÓN**

Separación de los componentes del concreto fresco (agregados y morteros), resultando en una mezcla sin uniformidad. (NTP 339.047, 2006).

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc.

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda esta y menor cuanto más seca lo es. En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de la segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o agregado fino) y de la consistencia de la mezcla. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto



adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la “lechada” asciende a la superficie. Cuando se suelta el concreto de alturas mayores de 0.50m el efecto es semejante.

También se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas, máxime si estas presentan cambios de dirección. El excesivo vibrado de la mezcla produce segregación. (Flavio Abanto Castillo, 1996)

- **EXUDACIÓN**

La tendencia del agua de subir a la superficie del hormigón recién vaciado, conocida como la exudación.

Se puede obtener otra medida de la trabajabilidad con base en la prueba de exudación, en la que se determina la tendencia del agua a separarse de los otros componentes del hormigón y subir hasta la parte superior de la masa de ese hormigón.

La exudación podría considerarse como conveniente debido a que al disminuir el contenido de agua conduce a una disminución en la relación agua/cemento. Sin embargo, exudación perturba la homogeneidad del hormigón y provoca otros resultados que no son convenientes, por lo cual se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:



- ✓ En virtud de la ganancia de agua en la superficie del hormigón recién vaciado, esta superficie tiende a volverse débil y porosa, quedando sujeta a la desintegración por la acción de congelación y deshielo o por la percolación del agua.
- ✓ El agua que sube a la superficie puede arrastrar las partículas inertes y finas del cemento que debilitan la parte superior y forman una nata llamada “lechosidad”, la cual debe quitarse si se va a vaciar una nueva capa de hormigón.
- ✓ Conforme el agua sube por el hormigón se forman canales de flujo en la masa de éste y se acumula agua debajo de las partículas de agregado grueso y debajo de las varillas horizontales de refuerzo. Esta acción conduce a una estructura más débil de hormigón debido a la falta de adherencia entre la pasta y el agregado grueso y entre el hormigón y el acero de refuerzo. Como resultado, un hormigón con una cantidad grande de agua de exudación puede ser muy permeable y el acero de refuerzo puede quedar sujeto a la corrosión.

La exudación puede controlarse en gran parte mediante una selección adecuada de los componentes y de las proporciones de la mezcla de hormigón. Las mezclas más ricas hechas con cementos finamente molidos que tengan propiedades normales de exudación, cantidades mínimas de agua de mezclado, arenas



naturales suaves con un porcentaje adecuado de finos, aditivos inclusores de aire o aditivos que consten de partículas finas son todas útiles en la disminución de la exudación de las mezclas de hormigón. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

- **TEMPERATURA**

El hormigón se comporta frente a las bajas temperaturas como si se tratase de una piedra natural, siendo su porosidad, así como su grado de saturación en agua, las características que determinan su comportamiento frente a una helada. En efecto, al congelarse el agua introducida en los capilares, aumenta de volumen y ejerce un efecto de cuña que fisura al hormigón.

En cuanto a las altas temperaturas, el hormigón se comporta frente a ellas experimentando una serie de fenómenos físico-químicos que, en lo esencial, se resumen en la siguiente tabla: (JIMENES MONTOYA, GARCIA MESEGUER, & MORAN CABRE, 2000)

TEMPERATURA	EFFECTO SOBRE EL HORMIGÓN
<100°C	ninguna
100°C a 150°C	el hormigón cede su agua capilar y de adsorción
150°C durante un tiempo bastante largo	ligera disminución de la resistencia a compresión y fuerte caída de la resistencia a tracción
hasta 250°C en periodos cortos	disminución de la resistencia a tracción sin afectar a la de compresión
300°C a 500°C	perdida de un 20% de la resistencia a compresión; la de tracción puede haber desaparecido
a 500°C y mas	la cal hidratada se destruye por perdida del agua de cristalización (agua combinada químicamente)
hacia 900°C - 1000°C	la deshidratación es total y provoca la destrucción completa del hormigón

Tabla N° 06 Acción de altas temperaturas sobre el hormigón.

Fuente: (JIMENES MONTOYA, GARCIA MESEGUER, & MORAN CABRE, 2000)



2.2. DISEÑO DE MEZCLA

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse. (Gerardo A. Rivera L., 2015)

Para efectos de esta investigación se usará el Método de los Volúmenes Absolutos del ACI 211.1. que es usado por su aceptación general.

2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

2.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante de un hormigón. Su determinación se efectúa mediante el ensayo de probetas, según métodos estandarizados. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión de concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). La resistencia a la compresión de un concreto ($f'c$) debe ser alcanzado a los 28 días después del vaciado y realizado del curado respectivo. (Flavio Abanto Castillo, 1996)

2.3.1.1. TIPOS DE FALLA EN LOS ESPECIMENES

Al aplicar la carga de compresión en el ensayo de resistencia a la compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido (Tipos del 1 al 4 en la siguiente **Figura**).

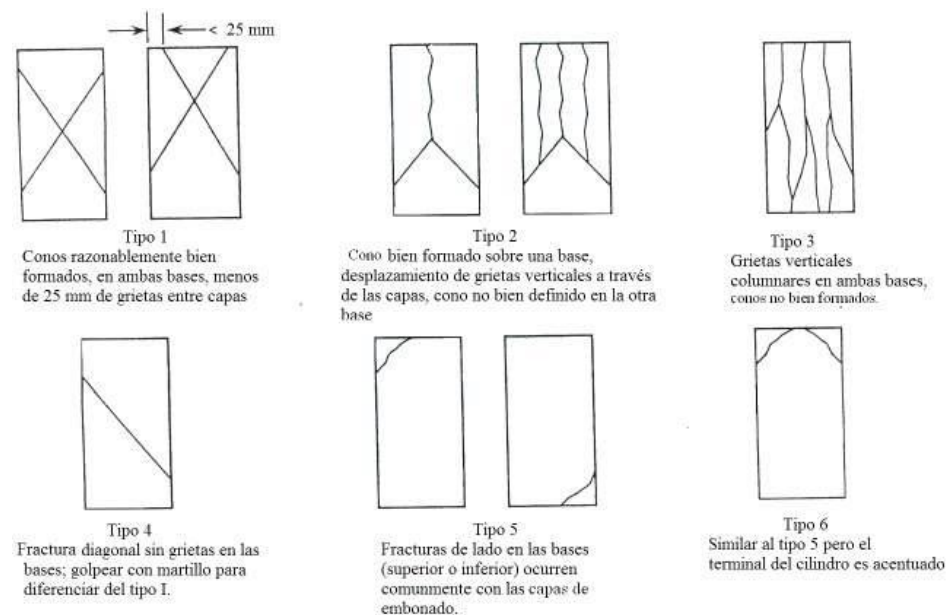


Figura N° 02 Esquema de los patrones de tipos de fallas
Fuente: (NTP 339.034, 2008)



Cuando se ensayan con capas de embonado, una fractura en la esquina o similar a los patrones 5 o 6 mostrados en la anterior figura puede ocurrir antes que la capacidad última del espécimen ha sido alcanzado. (NTP 339.034, 2008)

2.3.2. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Normalmente no se requiere que el hormigón resista fuerzas directas de tracción, sin embargo, esta resistencia es importante con respecto al agrietamiento, debido a la limitación de las contracciones. La formación y propagación de las grietas, en el lado de tracción de elementos de hormigón armado sometidos a flexión, dependen principalmente de la resistencia a la tracción. También ocurren esfuerzos de tracción en el hormigón como resultado de cortante, torsión y otras acciones, y en la mayoría de los casos el comportamiento del elemento cambia después de ocurrido el agrietamiento. Existen 3 formas de obtener la resistencia a la tracción: por flexión (módulo de rotura), por hendimiento (tracción indirecta) y por tracción axial (tracción directa); esta última no se realiza con frecuencia por las dificultades que se presentan en la aplicación de fuerzas de tracción directa. Los resultados de todos los tipos de ensayos para determinar la resistencia a la tracción muestran una dispersión considerablemente mayor que la de los ensayos a compresión. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)



2.3.3. RESISTENCIA AL CORTE

La importancia de la resistencia al corte es evidente a partir del hecho de que los cilindros estándar de hormigón probados en la compresión axial suelen fallar por corte a lo largo de un plano inclinado. En realidad, la falla se debe a una combinación de esfuerzos normales y de corte sobre el plano. La falla en diagonal en el alma de una viga de hormigón es a causa de un esfuerzo de tracción que resulta de una combinación de esfuerzos de tracción y de corte. No se ha determinado en forma directa la resistencia del hormigón al esfuerzo puro de corte porque una condición de esfuerzos de ese tipo causa esfuerzos principales de tracción y compresión, de magnitud igual a los esfuerzos de corte, los que actúan sobre otros planos. Como el hormigón es más débil a la tracción que al corte, la falla se presenta como resultado de los esfuerzos de tracción. Las resistencias al corte que se han dado a conocer varían mucho debido a las dificultades y diferencias en los procedimientos de prueba. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

2.4. PAVIMENTO RÍGIDO

2.4.1. DEFINICIÓN

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre



el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Todo lo contrario, sucede en los pavimentos flexibles que, al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencia mayores tensiones en la subrasante. (Guía AASHTO, 1993)

2.4.2. FACTORES DE DISEÑO

El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio. (Guía AASHTO, 1993)

2.4.3. VARIABLES DE DISEÑO

- **VARIABLES DE TIEMPO**

Se consideran dos variables: período de análisis y vida útil del pavimento. La vida útil se refiere al tiempo transcurrido entre la puesta en operación del camino y el momento en el que el pavimento requiera rehabilitarse, es decir, cuando éste alcanza un grado de serviciabilidad mínimo. El período de análisis se refiere al



período de tiempo para el cual va a ser conducido el análisis, es decir, el tiempo que puede ser cubierto por cualquier estrategia de diseño. Para el caso en el que no se considere rehabilitaciones, el período de análisis es igual al período de vida útil; pero si se considera una planificación por etapas, es decir, una estructura de pavimento seguida por una o más operaciones de rehabilitación, el período de análisis comprende varios períodos de vida útil, el del pavimento y el de los distintos refuerzos.

Para efectos de diseño se considera el período de vida útil, mientras que el período de análisis se utiliza para la comparación de alternativas de diseño, es decir, para el análisis económico del proyecto. Los períodos de análisis recomendados son mostrados en la siguiente tabla (Guía AASHTO, 1993)

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Tabla N° 07 Períodos de Análisis

Fuente: (Guía AASHTO, 1993)

- **TRÁNSITO**

En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que éstos resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número



de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito se transforma a un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips (80 kN) ó ESAL (Equivalent Single Axle Load), de tal manera que el efecto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número de cargas por eje simple. (Guía AASHTO, 1993)

- **CONFIABILIDAD**

La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medio ambiente dentro de dicho período. Cabe resaltar, que cuando hablamos del comportamiento del pavimento nos referimos a la capacidad estructural y funcional de éste, es decir, a la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito, y asimismo de brindar seguridad y confort al usuario durante el período para el cual fue diseñado. Por lo tanto, la confiabilidad está asociada a la aparición de fallas en el pavimento. (Guía AASHTO, 1993)

2.4.4. CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO

- **SERVICIABILIDAD**

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad



que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc, que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue:

1. Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
2. El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
3. La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
4. Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
5. El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Cuando el conductor circula por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, experimenta la sensación de



seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad para controlar el vehículo. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial. del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en ingles).

El PSI califica a la superficie del pavimento de acuerdo a una escala de valores de 0 a 5. Claro está que, si el usuario observa agrietamientos o deterioros sobre la superficie del camino aún sin apreciar deformaciones, la clasificación decrece. (Guía AASHTO, 1993)

- **ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Po)**

El índice de serviciabilidad inicial (P0) se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable de 4.5, si es que no se tiene información disponible para el diseño. (Guía AASHTO, 1993)

- **ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)**

El índice de serviciabilidad final (Pt), ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario. Dependiendo de la importancia



de la vialidad, pueden considerarse los valores Pt indicados en la siguiente tabla. (Guía AASHTO, 1993)

Pt	CLASIFICACIÓN
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Tabla N° 08 Índice de serviciabilidad final

Fuente: (Guía AASHTO, 1993)

2.5. RECICLAJE EN LA CONSTRUCCIÓN

El aumento demográfico mundial y la insuficiencia de infraestructuras que respondan al desarrollo de las economías de los centros urbanos, tanto como la falta, en muchos casos, de políticas que tiendan al saneamiento básico, sumado al deterioro ambiental, actualmente conforman la problemática de la cantidad de residuos sólidos de construcción y demolición civil - RCD. Hoy en día, las sociedades en desarrollo poseen un efecto dinamizador en lo que respecta a la demanda de insumos para la construcción civil, como el cemento, razón que hace evidente la adopción de estrategias dirigidas a la reducción, reciclaje y reutilización de los escombros. (Chávez Porras, Guarín Cortes, & Cortes Duarte, 2013)

2.5.1. CONCEPTOS GENERALES

Los conceptos que se citan a continuación son extraídos del DECRETO LEGISLATIVO N° 1278 QUE APRUEBA LA LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS del año 2000.



- **BOTADERO**

Acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Estas acumulaciones existen al margen de la Ley y carecen de autorización.

- **EMPRESA OPERADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Persona jurídica que presta los servicios de limpieza de vías y espacios públicos, recolección y transporte, transferencia o disposición final de residuos. Asimismo, puede realizar las actividades de comercialización y valorización.

- **GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**

Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos.

- **RECOLECCIÓN**

Acción de recoger los residuos para transferirlos mediante un medio de locomoción apropiado, y luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.

- **RECOLECCIÓN SELECTIVA**



Acción de recoger apropiadamente los residuos que han sido previamente segregados o diferenciados en la fuente, con la finalidad de preservar su calidad con fines de valorización.

- **RECICLAJE**

Toda actividad que permite reaprovechar un residuo mediante un proceso de transformación material para cumplir su fin inicial u otros fines.

- **RELLENO SANITARIO**

Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos en los residuos municipales a superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.

- **RELLENO DE SEGURIDAD**

Instalación destinada a la disposición final de residuos peligrosos sanitaria y ambientalmente segura.

- **RELLENO MIXTO**

Infraestructura para la disposición final de residuos municipales y que además incluye celdas de seguridad para el manejo de residuos peligrosos de gestión municipal y no municipal.

- **RESIDUOS MUNICIPALES**

Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los



provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.

- **RESIDUOS NO MUNICIPALES**

Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales, son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación.

- **RESIDUOS SÓLIDOS**

Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final.

Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no



pueden ser vertidos al ambiente. En estos casos los gases o líquidos deben ser acondicionados de forma segura para su adecuada disposición final.

- **RESIDUOS PELIGROSOS**

Son residuos sólidos peligrosos aquéllos que, por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

- **RESIDUO SÓLIDO NO APROVECHABLE**

Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

- **RESIDUO SÓLIDO APROVECHABLE**

Los RCD contienen materiales que pueden ser reaprovechados, como son el desmonte limpio, concreto y otros materiales de demolición, instalaciones de mobiliarios fijo de cocina, baños, tejas, tragaluces y claraboyas, soleras prefabricadas, tableros, placas sándwich puertas, ventanas, revestimientos de piedra, elementos prefabricados de hormigón, mamparas, tabiquerías móviles o fijas,



barandillas, puertas, ventanas, cielo raso (escayola), pavimentos flotantes, alicatos, elementos de decoración, vigas y pilares, elementos prefabricados de hormigón, entre otros. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2013)

- **RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICIÓN (RCD)**

Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de diferentes edificaciones e infraestructura. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2013)

- **CONCRETO RECICLADO**

Se refiere al concreto de desecho o RCD de concreto desviado de las corrientes de desecho y reutilizado o recuperado para su uso en un nuevo producto. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

- **CONCRETO RECUPERADO**

Es el concreto que ha sido recuperado de concreto de desecho o RCD y que puede ser reutilizado o reciclado. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

- **AGREGADO RECICLADO**

Agregado procedente de tratamiento de materiales (escombros) de desecho obtenidos de demolición de construcciones. (NTP 400.037, 2014)



Como definición general, se entiende por agregado reciclado aquél “agregado resultante del procesamiento de materiales inorgánicos utilizados previamente en la construcción” (CEN - EN 13242, 2002)

- **AGREGADOS DE CONCRETO RECICLADO**

Se refiere a agregados hechos a partir de agregados reciclados. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

- **RECICLAJE DE CONCRETO**

se refiere al proceso que pretende evitar el desecho del concreto (por ejemplo, en rellenos sanitarios o vertederos municipales). (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

- **AGREGADO GLOBAL**

Mezcla de agregado fino y agregado grueso, normalizado por una granulometría. (NTP 339.047, 2006)

- **HORMIGÓN**

Material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción. (NTP 400.011, 2008)

- **CANTERA**

Hace referencia al lugar de donde se obtienen piedras u otros materiales similares. Las canteras son explotaciones de la minería que se llevan a cabo a cielo abierto. (RAE)



- **TRITURACIÓN**

Después de la excavación, la primera operación de procesamiento es la trituración. Esta se realiza en dos etapas, primeramente, la piedra bruta se pasa por la trituradora primaria, donde los fragmentos se reducen desde un tamaño de 1.5m a 15cm, y en seguida el producto triturado pasa a la trituradora secundaria, la cual lo reduce hasta un tamaño de alrededor de 1,5cm hasta alcanzar la granulometría deseada. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

2.5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SÓLIDOS

Los residuos se clasifican de acuerdo al manejo que reciben, en peligrosos y no peligrosos, y según su autoridad pública competente para su gestión, en municipales y no municipales. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2000)

2.5.3. MANEJO DE RESIDUOS

El manejo de los residuos debe ser desarrollada de manera selectiva, sanitaria y ambientalmente óptima, teniendo en cuenta la clasificación y el destino de los mismos, con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2013)



2.5.4. SEGREGACIÓN DE RESIDUOS

La segregación de los residuos es una estrategia para facilitar el reaprovechamiento y/o comercialización, esta se puede realizar en obra o en la instalación designada para su tratamiento, esta actividad podrá ser efectuada por una EPS-RS o una EC-RS cuando se encuentre prevista la operación básica de acondicionamiento de los residuos previamente a su comercialización. El desmonte limpio u otros residuos reaprovechables luego de ser segregados, clasificados, y haber recuperado sus propiedades iniciales o su calidad y compatibilidad con los materiales empleados, podrán ser incorporados al proceso constructivo como materia prima. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2013)

2.5.5. IMPORTANCIA DEL RECICLADO DE CONCRETO

En la actualidad, el sector de la construcción es de los más interesados en fomentar el uso racional de sus residuos y subproductos industriales. En primer lugar, es un sector que consume grandes volúmenes de materias primas y, además genera enormes cantidades de escombros procedentes de las demoliciones de edificios o de desperdicios de materiales provenientes de la construcción de obras nuevas o de acciones de conservación en otras ya existentes. Con esta idea, poco a poco se va tomando conciencia y extendiendo el interés por utilizar estos residuos de construcción y demoliciones en las



nuevas edificaciones, aliviándose el problema ambiental que originaría su eliminación. La necesidad del empleo de agregados reciclados en la construcción está fundamentada mayormente, por motivos de índole medioambiental, dada la generación de grandes volúmenes de escombros que resultarían de difícil gestión. (Vidaud, Castaño, & Vidaud, 2013)

2.5.6. BENEFICIOS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

- Reducción de desechos en vertederos de basura y degradación asociada de la tierra
- Sustitución de recursos vírgenes y reducción de los costos ambientales asociados a la explotación de recursos naturales.
- Reducción de los costos de transporte: a menudo, el concreto puede ser reciclado en los sitios de construcción y demolición, o cerca de las áreas urbanas donde será reutilizado.
- Reducción del pago de tarifas e impuestos asociados al vertimiento de desechos
- Buen desempeño en algunas aplicaciones debido a su buena compactación y propiedades de densidad (por ejemplo, como subbase vial)
- En algunos casos, generación de empleos en la industria del reciclaje de concreto que de otro modo no existirían en otros



sectores. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

2.5.7. DESVENTAJAS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

- **PROBLEMAS DE FILTRACIÓN**

La calidad de los agregados recuperados depende, en gran parte, de la calidad del concreto original y cualquier condición excepcional que el concreto haya enfrentado durante su primer uso. Un estudio danés encontró algunos problemas de filtración de bromo y cromo en concreto reciclado. En Japón se ha notado que plomo y cromo hexavalentes pueden ser encontrados en concreto de desecho pues el cemento originalmente contiene estos elementos, lo que representa un potencial de contaminación de la tierra. Por otra parte, investigaciones recientes del Waste & Resources Action Programme (WRAP) en el reino Unido no indican ninguna diferencia con respecto al promedio de los materiales vírgenes. Un estudio en Suiza encontró que no ocurre ningún aumento significativo en los niveles de polución (particularmente con respecto a la contaminación de aguas subterráneas) cuando se utilizan materiales reciclados de construcción. A pesar de ello, las autoridades suizas exigen la implementación de medidas de protección para el agua subterránea cuando se utilizan materiales de construcción reciclados de demoliciones, también prohíbe su uso



en sistemas de filtración y drenaje (debido al potencial de contaminación con cromo y alteraciones de los valores del pH). Los pavimentos de concreto utilizados en climas fríos, sobre los que a menudo se aplican sales descongelantes, pueden presentar un contenido más elevado de cloruro de sodio, lo que limita su recuperación para usos en nuevo concreto debido al riesgo de una reacción álcali-sílice o corrosión del acero. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

2.5.8. PRODUCCIÓN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

El “árido reciclado de hormigón” es el resultado de una serie de procesos por el cual debe pasar los residuos de hormigón, compuesto por cemento Pórtland y áridos naturales, cuyos procesos son el machacado, el cribado y el procesado en plantas de reciclado. Es importante destacar que este material secundario se deriva de un solo tipo de material primario, el hormigón, cuya composición es heterogénea (cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones); es por todo esto que el árido reciclado de hormigón no puede considerarse como un material uniforme y las diferencias que puedan presentar en su composición dependerán fundamentalmente de la proporción de mortero presente en el residuo. (GRUPO DE TRABAJO 2/5 "HORMIGÓN RECICLADO" (Dentro de la Comisión 2: Materiales);, 2006)



2.6. RECICLAJE DEL PAVIMENTO RÍGIDO

2.6.1. ORIGEN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

El concreto es un excelente material con el que se pueden construir edificaciones duraderas y eficientes en su consumo de energía. En todo caso, y aún con un buen diseño, las necesidades humanas cambian y desechos potenciales serán generados. El concreto presenta propiedades únicas y su recuperación suele ubicarse en medio de las definiciones estándar de reutilización y reciclaje. No es frecuente que el concreto pueda ser “reutilizado” en el sentido en que sea reutilizado en su forma original. Tampoco puede ser “reciclado” de regreso a sus componentes originales, En su lugar, el concreto puede ser fragmentado en bloques más pequeños o agregado para darle nueva vida. El reciclaje de concreto es una industria bien establecida en muchos países y la mayoría del concreto puede ser triturado y reutilizado como agregado. La tecnología existente para el reciclaje por medio de la trituración mecánica ya está disponible y es relativamente económica. Puede implementarse tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Con más investigación y desarrollo el alcance de las aplicaciones de agregados reciclados puede ampliarse. Aun así, incluso con la tecnología existente, es posible lograr considerables incrementos en las tasas de recuperación en algunos países con mayor apoyo del público a los agregados reciclados y una reducción en las



ideas equivocadas e ignorancia sobre sus posibles usos. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

El concreto de demolición para reciclaje puede ser obtenido en bloques o reducido en partículas pequeñas, mediante fresado de construcciones civiles de concreto simple, armado o tensado (muros de contención o sostenimiento, cimentaciones, puentes, alcantarillas, canales, tuberías de cemento o concreto sin asbesto, losas de pavimento de concreto, columnas, veredas y pisos de viviendas) que no contengan elementos peligrosos de tal manera que se puedan usar como agregados en la fabricación de nuevos concretos, como material de relleno no portante y otros que no contravengan la normativa vigente. Previamente a la demolición, aquellos elementos o secciones de estos considerados peligrosos o que pudieran ocasionar daños al ambiente y que no pueden ser reciclados serán separados, tratados y dispuestos adecuadamente, los materiales secundarios generados a partir del concreto de demolición deben almacenarse separadamente según su procedencia y uso posterior.

Los ensayos para determinar la aptitud del granulado y de los minerales y aglutinantes contenidos, dependerán del diseño del producto final, debiendo ser aplicados a este antes de su uso e informarse al potencial consumidor de sus resultados. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2013)



2.6.2. PROCEDIMIENTO DEL RECICLAJE

En años recientes, el concepto de utilizar hormigón viejo de pavimentos, edificios y otras estructuras como una fuente de agregados ha sido demostrado en varios proyectos, resultando en un ahorro tanto de material como de energía.

El procedimiento consiste en:

- Romper y extraer el Hormigón antiguo
- Triturar en una trituradora primaria y secundaria
- Retirar el refuerzo de acero u cualquier material embebido en él.
- Realizar una gradación y lavar
- Almacenar el agregado grueso y fino resultantes.

Es principalmente utilizado en reconstrucción de pavimentos. Ha sido usado satisfactoriamente como agregado en sub-bases granulares y de hormigón pobre, suelo cementos y en hormigón nuevo reemplazando total o parcialmente al agregado convencional.

El hormigón reciclado, generalmente tiene una mayor absorción (del 3% al 10%) y baja gravedad específica en relación al agregado convencional. Esta alta absorción hace necesario el añadir más agua para alcanzar la misma trabajabilidad y revenimiento que con el agregado convencional. Por este motivo se debe prehumedecer o mantener húmedo el acopio. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)



2.7. PROPIEDADES DEL MATERIAL RECICLADO

- **GRANULOMETRÍA**

La granulometría de los agregados de concreto reciclado varía según el proceso de trituración que se realice, pudiéndose seleccionar mediante pequeños ajustes en la apertura de las trituradoras. El porcentaje de agregado grueso que se obtiene puede variar entre 70% y 90% del agregado total producido. Este porcentaje depende además del tamaño máximo del agregado grueso de concreto reciclado producido y de la composición del concreto original.

En general, las granulometrías de los agregados de concreto reciclado se sitúan dentro de los límites que fijan las diferentes recomendaciones tanto para agregado natural como para agregado de concreto reciclado. El módulo granulométrico del agregado de concreto reciclado, para un mismo tamaño máximo del agregado, presenta pequeñas variaciones dependiendo principalmente del sistema de trituración empleado y en menor medida de la calidad del concreto original. En principio, el agregado de concreto reciclado genera finos durante su manipulación debido a la aparición de pequeñas partículas de mortero que se desprenden, la presencia de estas partículas en la superficie del agregado puede originar problemas de adherencia entre éste y la pasta de cemento, además



de provocar un aumento de la cantidad de agua de amasado necesaria. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL**

La presencia del mortero que queda adherido a los agregados del concreto original provoca que la textura de los agregados de concreto reciclado sea más rugosa y porosa que la de los agregados naturales como consecuencia del proceso de trituración. No obstante, el coeficiente de forma del agregado de concreto reciclado es similar al que puede presentar el agregado natural. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **DENSIDAD Y ABSORCIÓN**

La densidad del agregado de concreto reciclado es inferior a la del agregado natural, debido a la pasta de cemento que queda adherida a los granos. La densidad del agregado de concreto reciclado suele oscilar entre 2100 y 2400kg/m³, mientras que la densidad saturada con superficie seca varía entre 2300 y 2500 kg/m³, por lo que en todos los casos se pueden considerar estos agregados de densidad normal. La absorción es una de las propiedades físicas del agregado de concreto reciclado que presenta una mayor diferencia con respecto al agregado natural, debido a la elevada absorción de la pasta que queda adherida a él. Los principales aspectos que influyen tanto en la densidad como en la absorción del agregado de



concreto reciclado son: el tamaño de las partículas, la calidad del concreto original y las técnicas de procesado. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **DESGASTE EN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES**

El agregado de concreto reciclado presenta un elevado desgaste en la máquina de los ángeles ya que en el ensayo se elimina todo el mortero que queda adherido al agregado, además de la pérdida de peso propia del agregado natural. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **CONTENIDO DE CLORUROS**

Los agregados de concreto reciclado pueden presentar un contenido apreciable de cloruros, en función de la procedencia del concreto usado como materia prima, especialmente en concretos procedentes de obras marítimas, puentes o pavimentos expuestos a las sales para el deshielo. Así mismo, los concretos en los que se haya utilizado aditivos acelerantes, pueden también contener una elevada cantidad de cloruros. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **CONTENIDO DE SULFATOS**

El agregado de concreto reciclado puede contener un elevado contenido de sulfatos, ya que, al contenido propio del agregado natural, se le añaden los sulfatos que contiene la pasta adherida y la presencia de contaminantes como el yeso cuando el concreto procede de edificación. Los sulfatos combinados presentes en la



pasta de cemento pueden producir problemas en el concreto nuevo, debido por ejemplo a la carbonatación que puede sufrir la ettringita que produce su descomposición en sulfatos. Así mismo, será necesario evitar la presencia de impurezas como el yeso, que podrían producir expansiones en el concreto. Una de las posibles medidas para reducir el contenido de yeso es eliminar del agregado de concreto reciclado los tamaños más finos, ya que es en ellos donde se concentra una mayor cantidad de yeso. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **RESISTENCIA A LA HELADA**

La resistencia a la helada de los agregados naturales se evalúa habitualmente mediante la pérdida de peso experimentada al someterlos a cinco ciclos con soluciones de sulfato magnésico. Se pueden emplear también métodos en los que se somete el agregado directamente a diez ciclos de hielo-deshielo en agua.

Algunos autores señalan que el ensayo de resistencia a la helada realizado con soluciones de sulfato no es adecuado para evaluar la durabilidad de los agregados de concreto reciclado, teniendo en cuenta que las soluciones tienen un efecto químico destructivo sobre la pasta de cemento, pudiendo dar resultados no representativos. Al igual que en otras propiedades, la calidad del concreto de origen y el tipo de procesamiento aplicado influyen de



forma importante en la calidad del agregado de concreto reciclado. Al realizar varias trituraciones consecutivas se pueden conseguir agregados con un mejor comportamiento frente a la helada, próximo incluso al del agregado natural. (Arriaga Tafurth, 2013)

2.8. CONSIDERACIONES PARA EL PROCESAMIENTO DE PRODUCCION DE AGREGADOS A PARTIR DE RESIDUOS DE CONCRETO

El problema que enfrentan las naciones más urbanizadas es la disminución de los sitios de disposición disponibles. Estos sitios están disminuyendo por una variedad de razones, especialmente ambientales. Además, las fuentes de agregados de buena calidad se están agotando rápidamente. La reutilización del concreto como agregados es un proceso cuyo tiempo ha llegado. (ACI 555R-01, 2001)

2.8.1. CONSIDERACIONES

- **DENSIDAD**

Los agregados reciclados generalmente tienen densidades ligeramente menores que los materiales originales utilizados. Este es el resultado de la baja densidad del mortero de cemento que permaneció unido. (ACI 555R-01, 2001)

- **ABSORCIÓN DE AGUA**

Una de las diferencias físicas más marcadas entre los agregados reciclados y los agregados vírgenes es la mayor absorción de agua.



La Sociedad de Contratistas de Construcción de Japón (1978) y Hansen (1986) concluyeron que la mayor absorción de agua de los agregados gruesos es el resultado de la absorción del viejo mortero de cemento unido a las partículas de agregados. (ACI 555R-01, 2001)

- **PÉRDIDA POR ABRASIÓN EN LOS ÁNGELES**

La norma ASTM C 33 indica que los agregados para uso en la construcción de concreto deben tener una pérdida por abrasión de menos del 50% para la construcción en general y para la piedra triturada usada bajo pavimentos debe tener pérdidas de menos del 40%. Sobre la base de los datos disponibles, Hansen (1986) concluyó que se puede esperar que los agregados de concreto reciclado producidos a partir de todo, excepto el concreto reciclado de peor calidad, pasen los requisitos de la ASTM para los agregados de concreto. (ACI 555R-01, 2001)

- **SOLIDEZ DEL SULFATO**

Requiere pruebas de solidez del sulfato (ASTM C 88), y ASTM C 33 puede probar los agregados finos y gruesos de hormigón reciclado para garantizar la resistencia adecuada a la congelación y descongelación de los agregados reciclados. (ACI 555R-01, 2001)



- **CONTAMINANTES**

La variedad de contaminantes que se pueden encontrar en los agregados reciclados como resultado de la demolición de las estructuras existentes puede degradar gravemente las resistencias del concreto hecho con ellos. Algunos de estos materiales son yeso, suelo, madera, yeso, asfalto, plástico o caucho. (ACI 555R-01, 2001)

2.8.2. EFECTOS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

- **ARENA GRUESA RECICLADA Y NATURAL**

Varios estudios han investigado las resistencias del concreto hecho con agregados reciclados. La mayoría encontró reducciones en las resistencias de aproximadamente 5 a 24% utilizando agregados reciclados (Hansen 1986).

Hansen y Narud (1983) encontraron que el concreto agregado reciclado obtuvo aproximadamente las mismas resistencias que el concreto original a partir del cual se fabricaron. Bernier, Malier y Mazars (1978) encontraron resultados similares, excepto que, en el caso del concreto de alta resistencia producido a partir de agregados gruesos reciclados de baja resistencia, encontraron que la resistencia a la compresión era un 39% más baja que el concreto



de alta resistencia producido a partir de Agregados reciclados de alta resistencia.

Hansen y Narud (1983) llegaron a la conclusión de que la resistencia a la compresión del hormigón reciclado depende de la resistencia del hormigón original y está controlada en gran parte por una combinación de la relación agua-cemento (w/c) del concreto original y el w/c del concreto reciclado. Los informes de Hansen y Narud (1983) y Buck (1976) llegaron a la conclusión de que el concreto de alta resistencia podría fabricarse a partir de agregados reciclados de concreto de menor resistencia.

- **AGREGADOS RECICLADOS GRUESOS Y FINOS**

Se ha investigado el concreto fabricado a partir de agregados reciclados gruesos y finos. La mayoría de los investigadores descubrieron que las resistencias de los compresivos para el concreto fabricado a partir de agregados gruesos y finos reciclados fueron inferiores en un 15 a 40% de las resistencias del concreto fabricado con todos los materiales naturales. Las mezclas de 50% de arena natural y 50% de arena reciclada produjeron resistencias de 10 a 20% menos que el concreto reciclado hecho con arena natural. Datos de la Sociedad de Contratistas de Edificios de Japón (1978)



Un examen más profundo revela que ciertas porciones de los agregados finos reciclados parecen inhibir el rendimiento del hormigón reciclado. Los estudios indican que la mayor parte de la pérdida de resistencia es provocada por esa porción del agregado reciclado menor de 2 mm. (Hansen 1986).

- **VARIACIONES DE RESISTENCIA**

El concreto fabricado a partir de agregados reciclados de diferentes fuentes y diferentes hormigones tendrá mayores variaciones que el concreto fabricado a partir de agregados producidos a partir de una sola fuente. De Pauw (1981) encontró variaciones en las resistencias a la compresión de 28 días de 4600 a 7100 PSI (323.41 a 499.18 Kg/cm²) cuando se produjo concreto de proporciones de mezcla idénticas a partir de concreto reciclado de diferentes fuentes.

- **MÓDULO DE ELASTICIDAD**

La Sociedad de Contratistas de Construcción de Japón (1978) investigó el cambio en el módulo de elasticidad del concreto hecho con agregados de hormigón reciclado. Informaron que las reducciones en el módulo de elasticidad hechas con agregados gruesos y finos reciclados variaron de 25 a 40%. También informaron que las reducciones en el módulo de concreto hecho con agregados gruesos reciclados variaron solo de 10 a 33%.



- **FLUENCIA**

Varios investigadores (Hansen 1986) encontraron que la fluencia para el concreto fabricado a partir de agregados reciclados es de 30 a 60% mayor que para el concreto fabricado con materiales vírgenes. Estos resultados no son sorprendentes porque el concreto que contiene agregados reciclados tiene hasta un 50% más de volumen de pasta, y la fluencia del concreto es proporcional al contenido de pasta o mortero en el concreto.

- **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y LA FLEXIÓN**

Varios investigadores han investigado el efecto de los agregados reciclados en las resistencias a la flexión y la tracción. La mayoría de los hallazgos indican que el concreto hecho a partir de agregados gruesos reciclados y agregados finos naturales generalmente tiene el mismo o, como máximo, una reducción del 10% en la resistencia a la tracción. Generalmente, hormigón hecho. Los agregados gruesos y finos reciclados tienen reducciones en la resistencia a la tracción de menos del 10% y una reducción máxima del 20% para el peor de los casos (Hansen 1986).

- **PERMEABILIDAD**

El concreto hecho de agregados reciclados w/cs de 0.5 a 0.7, tiene una permeabilidad de dos a cinco veces mayor que la del concreto hecho con agregados naturales (Hansen 1986). Rasheeduzzafar



(1984) descubrió que la baja resistencia y la correspondiente alta absorción de agua para el hormigón reciclado podrían compensarse reduciendo el peso / peso del hormigón reciclado en 0.05 a 0.10.

- **RESISTENCIA A LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN**

Muchos estudios de resistencia a la congelación y descongelación indican que casi no hay diferencia entre la del concreto hecho con agregados vírgenes y con agregados reciclados (Hansen 1986). Un informe de la Sociedad de Contratistas de Construcción de Japón (1978), sin embargo, indicó que el concreto hecho de agregados gruesos y finos reciclados había reducido significativamente la resistencia al daño por congelación y descongelación. También encontraron que, si los agregados finos se reemplazaban con materiales vírgenes, la resistencia a la congelación y descongelación era comparable a la del concreto original. Otro estudio japonés indicó que el concreto con aire comprimido hecho con agregados reciclados tiene menos resistencia a la congelación y descongelación que el concreto hecho con materiales vírgenes (Hasaba et al. 1981). Una de las diferencias entre la mayoría de los estudios japoneses y estadounidenses es la calidad del concreto a partir del cual se hicieron los agregados reciclados. El trabajo estadounidense se basó principalmente en pavimentos reciclados, mientras que el trabajo japonés fue de concreto de baja calidad.



2.9. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO ELABORADO CON AGREGADOS RECICLADOS

- **CONSISTENCIA**

La incorporación total de agregado grueso de concreto reciclado seco en el concreto produce en general un aumento de la consistencia cuando se mantiene la misma relación agua/cemento. Debido a la elevada absorción que presenta el agregado de concreto reciclado, durante el proceso de mezclado una cierta cantidad de agua será retenida por los agregados, generando un aumento de consistencia en ocasiones importante y una reducción de la relación agua/cemento efectivo. Así, el aumento de la demanda de agua se debe principalmente a la mayor absorción y al cambio de granulometría del agregado, fundamentalmente por generación de finos durante el mezclado, aunque también pueden influir otros factores como su forma angular y su textura rugosa. Además, la pérdida de manejabilidad es más rápida, ya que después del mezclado el agregado continúa absorbiendo agua. Esto presenta un problema cuando se trata de un concreto fabricado en planta, para el que se produce un intervalo de tiempo entre la producción y la puesta en obra.

Para obtener la consistencia deseada son posibles distintas alternativas:



- ✓ Cuantificar la cantidad de agua adicional que se debe añadir al concreto durante el mezclado mediante ensayos previos.
- ✓ Utilizar el agregado saturado.
- ✓ Añadir súper-plastificante en el concreto.

(Arriaga Tafurth, 2013)

- **CONTENIDO DE AIRE**

El contenido de aire no experimenta aumentos apreciables en el concreto con agregado grueso de concreto reciclado. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **DENSIDAD EN ESTADO FRESCO**

La densidad del concreto con agregado reciclado en estado fresco es inferior a la de un concreto convencional debido a la menor densidad que presenta el agregado de concreto reciclado, por el mortero que permanece adherido al agregado natural. Los valores de densidad pueden oscilar entre 2130 y 2400 kg/m³ (Arriaga Tafurth, 2013)

- **EXUDACIÓN**

La exudación del concreto con agregado de concreto reciclado será similar a la del concreto convencional si se utiliza el agregado saturado y muy inferior si se utiliza seco, ya que la elevada absorción de los agregados de concreto reciclado facilita la retención de agua. (Arriaga Tafurth, 2013)



2.10. PROPORCIÓN PARA DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Para la dosificación del concreto con agregado grueso reciclado, en principio se pueden emplear los métodos convencionales de dosificación, aunque se han desarrollado algunas experiencias específicas respecto a la utilización de agregados de concreto reciclado. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **CONTENIDO DE AGUA**

Para determinar el contenido de agua de la dosificación de concreto con agregado grueso de concreto reciclado, hay que tener en cuenta que la absorción de agua es mucho mayor en los agregados de concreto reciclado que en los convencionales, debido entre otros factores, al mortero adherido a los agregados originales. Para asumir este incremento en la demanda de agua se puede presaturar el agregado o incrementar el agua de mezclado; también es posible corregir este efecto mediante la utilización de aditivos. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **CONTENIDO DE CEMENTO**

En principio, los tipos de cemento utilizados serán los mismos que se emplearían en un concreto convencional para las mismas prestaciones. Debido a la menor calidad del agregado de concreto reciclado, para mantener la misma resistencia y consistencia, el concreto con agregado grueso de concreto reciclado necesitará un



mayor contenido de cemento en su dosificación. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **RELACIÓN AGUA/CEMENTO**

Como punto de partida, para un porcentaje de agregado de concreto reciclado reducido se puede considerar inicialmente que la relación agua/cemento necesario para alcanzar una categoría resistente será la misma para el concreto convencional y el concreto con agregado grueso de concreto reciclado; aunque en la práctica, para sustituciones por encima del 50%, se deberá ajustar la relación agua/cemento en el concreto preparado con agregados de concreto reciclado mediante los ensayos correspondientes.

En general, para una misma resistencia, y sustitución total, la relación agua/cemento necesario en el concreto con agregado grueso de concreto reciclado es menor que la del concreto convencional. (Arriaga Tafurth, 2013)

La selección del w/c es la parte más crítica para controlar la resistencia del concreto. Existe una excelente correlación entre w/c y la resistencia a la compresión y la flexión. Hansen concluyó que el w/c es válido para el hormigón agregado reciclado como para el concreto hecho con materiales vírgenes.

Para producir una trabajabilidad similar, Mukai (1979) encontraron que se necesitaba un 5% más de agua para un concreto de



agregado grueso reciclado. Buck (1976) descubrió que se necesitaba aproximadamente un 15% más de agua para producir la misma trabajabilidad para el concreto agregado fino y grueso reciclado. Mukai (1979) y Hansen y Narud (1983) encontraron que el sangrado del concreto de áridos reciclados es ligeramente menor que el de los que usan agregados vírgenes.

- **PESO DE LA UNIDAD Y CONTENIDO DE AIRE**

Mukai et al. (1979) y Hansen y Narud (1983) concluyeron que los pesos unitarios de concretos hechos con concreto reciclado como agregado estaban dentro del 85 a 95% y 95%, respectivamente, de la mezcla de concreto original. Mukai et al. (1979) encontraron que los contenidos de aire del concreto recién reciclado eran más altos y variaban más que los contenidos de aire de las mezclas de control frescas. Hansen y Narud (1983) encontraron que los contenidos de aire de concreto agregado reciclado eran hasta un 0.6% más altos. Hansen (1986) concluyó que los contenidos de aire del concreto agregado reciclado eran ligeramente más altos y que las densidades pueden ser de 5 a 15% más bajas.

- **RELACIÓN DE AGREGADO FINO A GRUESO**

Desde el punto de vista de la economía y la cohesión del concreto fresco, la Sociedad de Contratistas de Japón (1978) encontró que la proporción óptima de agregado fino a grueso es la misma para el



reciclado el concreto agregado como lo es para el concreto hecho de materiales vírgenes (Hansen 1986). Los estudios de mezcladores de Kasai (1985) indican que la finura de los agregados de concreto reciclado disminuye con el tiempo de mezclado. Esto es muy probablemente el resultado de la eliminación mecánica de la pasta de cemento de los agregados gruesos reciclados.

- **DOSIFICACIÓN DEL AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO**

Las propiedades del concreto fabricado con agregados de concreto reciclado tienden a empeorar a medida que aumenta el porcentaje de sustitución. En la práctica, los valores aconsejables de sustitución llegan hasta el 50%.

En la mayor parte de las experiencias realizadas, no se ha considerado el empleo de agregado fino de concreto reciclado por las deficientes prestaciones que suele proporcionar, debido a sus características, que difieren en gran medida de las que posee el correspondiente agregado natural: elevada presencia de contaminantes, dificultad en el control del agua libre, acusadas pérdidas de resistencia y elevada absorción de agua con consecuencias negativas para las características del nuevo concreto. (Arriaga Tafurth, 2013)



- **PROPORCIÓN DE MEZCLAS**

Las siguientes son pautas para el desarrollo de proporciones de mezclas utilizando agregados de concreto reciclado:

- ✓ En la etapa de diseño, se puede suponer que el w/c para una resistencia a la compresión requerida será el mismo para el concreto de áridos reciclados que para un concreto convencional cuando se usa árido reciclado grueso con arena convencional. Si las mezclas de prueba muestran que la resistencia a la compresión es inferior a la supuesta, se debe realizar un ajuste a un w/c más bajo. (ACI 555R-01, 2001)
- ✓ Para la misma depresión, el requerimiento de agua libre del concreto de agregado grueso reciclado es un 5% más que para el concreto convencional. (ACI 555R-01, 2001)
- ✓ La gravedad específica, el peso unitario y la absorción de agregados deben determinarse antes de los estudios de proporción de mezcla. (ACI 555R-01, 2001)
- ✓ La proporción de la mezcla debe basarse en la densidad medida de los agregados reciclados previstos en el concreto del trabajo. (ACI 555R-01, 2001)
- ✓ La proporción de arena y agregados para el concreto agregado reciclado es la misma que cuando se usan materiales vírgenes. (ACI 555R-01, 2001)



- **ADICIONES**

Existen algunas experiencias en las que se han empleado adiciones como por ejemplo humo de sílice y cenizas volantes en concreto con agregado grueso de concreto reciclado, obteniendo efectos beneficiosos similares a los concretos convencionales. (Arriaga Tafurth, 2013)

- **ADITIVOS**

La utilización de aditivos plastificantes en las dosificaciones de concretos con agregado grueso de concreto reciclado, al igual que en los convencionales, permite conseguir adecuadas manejabilidades, siendo especialmente ventajosa la utilización de aditivos súper-plastificantes para mejorar los aspectos relativos a la demanda de agua, especialmente en los casos que se utilice agregado no pre-saturado. (Arriaga Tafurth, 2013)

2.11. PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS

Aunque la producción de concreto (procesamiento por lotes, mezcla, transporte y colocación) de concreto agregado reciclado es similar al concreto convencional, se debe tener cuidado adicional al fabricar concreto agregado reciclado

- Un requisito importante de todos los agregados de concreto reciclado es la preparación previa de los agregados para



compensar la alta absorción de agua de los agregados reciclados
(Hansen 1986)

- Los materiales más pequeños que el tamiz No. 8 (aproximadamente 2 mm) deben eliminarse de los agregados antes de la producción.

2.12. APLICACIONES

- **USO COMO AGREGADO**

La mayoría del concreto reciclado se utiliza como agregado para subbases viales, normalmente en su forma granulada. La calidad del agregado producido depende de la calidad del material original y del grado de procesamiento y separación. La contaminación con otros materiales también afecta la calidad. Aunque los agregados más refinados pueden producir un producto de mayor valor, su producción también puede tener un mayor impacto sobre el medio ambiente. Una vez bien limpio, la calidad del concreto reciclado generalmente es comparable con aquella de los agregados vírgenes y sus posibilidades de uso son equiparables, aunque pueden existir algunas limitaciones respecto a su resistencia. El material con contenido de cartón yeso puede estar más limitado en sus aplicaciones. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)



- **COMO AGREGADO GRUESO**

Las aplicaciones más comunes son base vial, pavimento y sub-base. En Estados Unidos su uso y aceptación ha sido promovida por la Administración Federal de Autopistas (FHWA), la cual ha adoptado una política pro uso y emprendido investigaciones en esta área. Investigaciones finlandesas han encontrado que el concreto reciclado con características acordadas específicas de calidad y composición en las capas de base y subbase pueden permitir la reducción del grosor de estas capas debido a las buenas propiedades de capacidad de soporte del material. Se ha encontrado que, cuando se utiliza como base y subbase, el material cementoso granulado en agregados reciclados presenta una cohesión superior a la de los agregados vírgenes finos, de manera que se mejora la fuerza brindando una muy buena base de construcción para nuevo pavimento. También se puede utilizar en mezclas de asfalto. Varios proyectos de ingeniería civil también pueden emplear agregados gruesos. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

- **PARA CONCRETO**

Una percepción equivocada muy común es que los agregados a partir de concreto reciclado no deberían ser utilizados en concreto estructural. Los lineamientos y regulaciones a menudo consideran



las limitaciones físicas de los agregados a partir de concreto reciclado, pero idealmente deberían promover su uso. Un estudio realizado por la National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) en los Estados Unidos concluyó que los agregados de concreto reciclado son sustitutos aptos en reemplazo de materiales vírgenes hasta en un 10% para la mayoría de aplicaciones del concreto, incluso concreto estructural. Investigaciones en el Reino Unido indican que se puede utilizar hasta un 20% de agregados de concreto reciclado en la mayoría de aplicaciones (también concreto estructural). Los lineamientos del gobierno australiano indican que se puede utilizar hasta un 30% de agregados reciclados en concreto estructural sin que esto implique algún detrimento en su fuerza y maleabilidad en comparación con agregados vírgenes. Los lineamientos en Alemania permiten que bajo ciertas circunstancias los agregados de concreto reciclado sean hasta el 45% del total de los agregados utilizados dependiendo del tipo de exposición del concreto. Como el concreto reciclado contiene cemento, cuando se reutiliza en concreto tiende a absorber más agua y ser menos fuerte que los agregados vírgenes. En algunos casos se necesita agregar más cemento. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)



- **COMO AGREGADO FINO**

Los agregados finos pueden ser utilizados en lugar de arena natural. No obstante, el contenido de mortero puede afectar la plasticidad, fuerza y contracción debido a la alta absorción de agua, lo que podría incrementar el riesgo de asentamiento y facturas por contracción durante el secado. Adicionalmente, los agregados finos suelen contener yeso de RCD y es más costoso tanto económica como ambientalmente, limpiar el material. Los agregados finos pueden ser un buen relleno para correcciones en la subrasante, ya que actúan como agente secante cuando se mezclan con la tierra en la subbase. Dado el impacto de la extracción de arena de ríos y mares, las fuentes alternativas son de creciente importancia y su uso puede aumentar como resultado de esto. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

- **REUTILIZACIÓN EN SU FORMA ORIGINAL**

La reutilización de bloques, en su forma original o cortados en bloques más pequeños, acarrea un menor impacto ambiental pero el mercado existente es limitado. Mejores diseños de edificaciones que permitan la reutilización de losas y la transformación de la construcción sin necesidad de demoliciones podrían aumentar este uso en particular. Las losas huecas de concreto son fáciles de



desmontar y sus medidas por lo general son estándar, por lo que son ideales para la reutilización. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

Algunos ejemplos de usos variados son:

- ✓ En la bahía de Chesapeake, Estados Unidos, se ha descubierto que el concreto reciclado de construcciones y escombros de vías constituye un buen material para arrecifes artificiales, útiles para los programas de restauración de ostras. Las superficies irregulares y porosas proporcionan buena protección a las pequeñas ostras de sus predadores. Los arrecifes artificiales de pesca sobre la costa este de los estados Unidos también utilizan con frecuencia concreto de desecho.
- ✓ St Lawrence Cement (Holcim) trituró 450,000 toneladas de escombros de concreto para su reutilización como base vial para nuevas plataformas en el aeropuerto de Toronto.
- ✓ En Tailandia se utiliza el concreto de desecho para hacer bloques para pavimentar, macetas y bancas de uso público.
- ✓ El proyecto del aeropuerto Gardemoen en Oslo permitió la reutilización de más del 90% de los materiales recuperados del lugar de demolición.



2.13. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

- La contaminación atmosférica, hídrica y auditiva y el consumo energético de los sistemas de procesamiento al recuperar el concreto o utilizar materias naturales.
 - ✓ Se pueden comparar sistemas para diferentes materiales
 - ✓ La producción de agregados gruesos tiene un menor impacto que un mayor refinamiento, pero es necesario tener en cuenta el uso futuro del agregado.
- Impacto sobre el uso de la tierra al utilizar agregados reciclados implica:
 - ✓ Que menos desechos se destinan a los vertederos.
 - ✓ Que menos tierra se explota como fuente de materias vírgenes y puede ser conservada.

- Impactos ambientales durante la fase de uso

Los agregados reciclados tienen propiedades similares a las del concreto ordinario virgen. Como tal, generalmente no es mucha la diferencia en el impacto desde la perspectiva de la fase de uso. Comparado con otros materiales de construcción, la masa térmica del concreto permite lograr ahorros de energía durante la operación de un edificio construido con concreto, ya que se necesita menos energía para su calefacción y enfriamiento que para muchos otros



materiales. (CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009)

2.14. ASPECTOS ECONÓMICOS

Además de los beneficios para el medio ambiente, utilizar concreto reciclado también puede ser económico, según la situación y condiciones locales. Los factores incluyen:

- Cercanía y cantidad de agregados naturales disponibles.
- Confiabilidad de la oferta, calidad y cantidad de RCD (disponibilidad de materiales y capacidad de las instalaciones de reciclaje).
- Opinión pública sobre la calidad de los productos reciclados.
- Incentivos en compras estatales.
- Estándares y regulaciones que exijan tratamientos diferenciados para agregados reciclados y material primario
- Impuestos y tasas sobre los agregados naturales y vertederos municipales.

El costo de utilizar desechos de materiales de demolición en una construcción nueva en el mismo sitio de la demolición puede ser inferior al costo de utilizar nuevos materiales. Según el método de reciclaje utilizado, y la medida en que los materiales necesiten ser separados y otros materiales removidos, el costo de maquinaria para reciclaje y procesamiento puede aumentar. (CONSEJO



MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE, 2009)

2.15. NORMATIVIDAD

En la actualidad existe un marco normativo que regula Gestión de Residuos Sólidos en Perú, y son los siguientes:

- ✓ 2000: Ley General de Residuos Sólidos (Ley 27314), que modifica y moderniza el mercado de residuos sólidos.
- ✓ 2003: Ley Orgánica de Municipalidades (Ley 27972), que establece la responsabilidad de los Gobiernos locales en la regulación, el control y la disposición final de los residuos sólidos. 2004: Reglamento de la Ley General del Residuos Sólidos (DS N.º 057-2004-PCM).
- ✓ 2005: Ley General del Ambiente (Ley 28611). Establece que toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y tiene el deber de contribuir con una efectiva gestión ambiental (artículo 1). Además, fija que la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario o comercial es de responsabilidad de los Gobiernos locales.
- ✓ 2008: Decreto Legislativo 1065, que modifica la Ley General de Residuos Sólidos.
- ✓ 2009: Ley 29263. En su capítulo I, sobre delitos ambientales, establece que el vertedero o botadero de residuos sólidos que



pueda perjudicar la salud humana será sancionado con una pena privativa de la libertad máxima de cuatro años.

- ✓ 2009: Política Nacional del Ambiente (D.S. N.º 012-2009-MINAM).
Con referencia a los residuos sólidos, entre uno de sus lineamientos establece la promoción de la inversión pública y privada en proyectos para mejorar los sistemas de recolección, operaciones de reciclaje, disposición final y desarrollo de infraestructura. También promueve la formalización de los segregadores.
- ✓ 2009: Ley que Regula la Actividad de los Recicladores (Ley 29419).
Promueve su formalización.
- ✓ 2010: Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores (DS N.º 005-2010-MINAM).
- ✓ 2012: Reglamento Nacional para la Gestión y el Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (DS N.º 001-2012-MINAM).

Sin embargo, en ninguna de estas normativas se hace referencia al reciclaje de los residuos provenientes de demolición en el sector construcción, ya que para el sector construcción no se tiene información acerca de la producción per cápita de residuos, por ende, no se tienen normas que regulan su uso y disposición.



2.16. ESTADÍSTICA Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

2.16.1. ESTADÍSTICA

Para validar los resultados obtenidos durante los ensayos es importante realizar el análisis estadístico para de esta manera tener la certeza de la confiabilidad de los valores obtenidos.

Para tener la confiabilidad de los datos se tiene en cuenta evaluar los resultados de los ensayos con los valores de desviación estándar y coeficiente de variación a esperarse en condiciones de laboratorio para diferentes grados de control como se muestra en la siguiente tabla.

(ACI 214-77, 1977)

DISPERSION TOTAL					
CLASE DE OPERACION	DESVIACION STANDARD PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (kg/cm ²)				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSION ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACION	COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (%)				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Tabla N° 09 Valores de dispersión en el control de concreto.

Fuente: (ACI 214-77, 1977)



2.16.2. LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Está demostrado científicamente que los resultados de resistencia en compresión de un determinado concreto tienen una distribución de frecuencias que se ajusta a la denominada Distribución Normal, Distribución de Gauss o también llamada campana de Gauss, cuya expresión matemática es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}}$$

Dónde:

σ : Desviación estándar. Es una medida de dispersión de la resistencia a la compresión $f'c$ alrededor de la media.

x : Variable aleatoria (cada resultado de $f'c$).

u : Promedio o media. Proporciona una idea del lugar donde están concentrados los valores que toma la variable x .

σ^2 : Varianza. Expresa cualitativamente la dispersión alrededor de la media, mide la variabilidad alrededor de la media.

- **VARIABLE ALEATORIA**

Es una función que asocia un número real a cada elemento del espacio muestral. (ESTUARDO MORALES, 2012)

- **DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD O DISTRIBUCIÓN DE UNA VARIABLE ALEATORIA X**



Es una descripción del conjunto de valores posibles de X (f_x) junto con la probabilidad asociada con cada uno de estos valores, siendo éste el resumen más útil de un experimento aleatorio.

Para esta investigación la probabilidad sería que estos resultados lleguen a obtener la resistencia de diseño.

- **DISTRIBUCIÓN BINOMIAL**

Un experimento que consiste de “ n ” ensayos Bernoulli independientes, cada uno con probabilidad de éxito “ p ” se llama experimento binomial con “ n ” ensayos y parámetro “ p ”.

Ensayos independientes indica que los ensayos son eventos independientes, esto es, lo que ocurre en un ensayo no influye en el resultado de cualquier otro ensayo. (ESTUARDO MORALES, 2012)

2.16.3. PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Son procedimientos de decisión basado en datos que puedan producir una conclusión acerca de algún sistema científico.

Una hipótesis estadística es una afirmación o conjetura acerca de una o más poblaciones.

No es posible saber con absoluta certeza la verdad o falsedad de una hipótesis estadística, pues para ello habría que trabajar con toda la población. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene tal muestra para



proporcionar evidencias que confirmen o no la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces se acepta ésta.

La aceptación de una hipótesis implica tan sólo que los datos no proporcionan evidencia suficiente para refutarla. Por otro lado, el rechazo implica que la evidencia de la muestra la refuta. (ESTUARDO MORALES, 2012)

La estructura de una prueba de hipótesis consiste en los siguientes pasos:

- Identificar el parámetro de interés. Para el caso de esta investigación el parámetro de interés es la resistencia promedio de cada grupo de concreto, se denotará como “ u ”.
- Establecer la hipótesis nula (H_0). Su planteamiento siempre debe tener un valor exacto del parámetro poblacional. Por ejemplo, $H_0: u=140$, sin embargo, para la comparación de dos poblaciones, como es el caso de esta investigación se planteará $H_0: u_1 \leq u_2$.
- Hipótesis alternativa (H_1). Esta admite varios valores. Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la denominada hipótesis unilateral, que es



la que se aplica en esta investigación; se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc. Para fines de esta investigación se plantea,

$H_1: u_1 > u_2$.

- Fijar el nivel de significancia ($\alpha = 0.05, 0.01$ o 0.10). El nivel de significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia al concreto es 0.05 , con el cual se determina el “Z” de las tablas estadísticas. Este nivel de significancia será utilizado en todos los casos, y se calcula interpolando los siguientes valores:



COLUMNAS			
(1) Puntuación "Z"	(2) Distancia de "Z" o la media	(3) Área de la parte mayor	(4) Área de la parte menor
1.30	.4032	.9032	.0968
1.31	.4049	.9049	.0951
1.32	.4066	.9066	.0934
1.33	.4082	.9082	.0918
1.34	.4099	.9099	.0901
1.35	.4115	.9115	.0885
1.36	.4131	.9131	.0869
1.37	.4147	.9147	.0853
1.38	.4162	.9162	.0838
1.39	.4177	.9177	.0823
1.40	.4192	.9192	.0808
1.41	.4207	.9207	.0793
1.42	.4222	.9222	.0778
1.43	.4236	.9236	.0764
1.44	.4251	.9251	.0749
1.45	.4265	.9265	.0735
1.46	.4279	.9279	.0721
1.47	.4292	.9292	.0708
1.48	.4306	.9306	.0694
1.49	.4319	.9319	.0681
1.50	.4332	.9332	.0668
1.51	.4345	.9345	.0655
1.52	.4357	.9357	.0643
1.53	.4370	.9370	.0630
1.54	.4382	.9382	.0618
1.55	.4394	.9394	.0606
1.56	.4406	.9406	.0594
1.57	.4418	.9418	.0582
1.58	.4429	.9429	.0571
1.59	.4441	.9441	.0559
1.60	.4452	.9452	.0548
1.61	.4463	.9463	.0537
1.62	.4474	.9474	.0526
1.63	.4484	.9484	.0516
1.64	.4495	.9495	.0505



(1) Puntuación "Z"	(2) Distancia de "Z" a la media	(3) Área de la parte mayor	(4) Área de la parte menor
1.65	.4505	.9505	.0495
1.66	.4515	.9515	.0485
1.67	.4525	.9525	.0475
1.68	.4535	.9535	.0465
1.69	.4545	.9545	.0455
1.70	.4554	.9554	.0446
1.71	.4564	.9564	.0436
1.72	.4573	.9573	.0427
1.73	.4582	.9582	.0418
1.74	.4591	.9591	.0409
1.75	.4599	.9599	.0401
1.76	.4608	.9608	.0392
1.77	.4616	.9616	.0384
1.78	.4625	.9625	.0375
1.79	.4633	.9633	.0367
1.80	.4641	.9641	.0359
1.81	.4649	.9649	.0351
1.82	.4656	.9656	.0344
1.83	.4664	.9664	.0336
1.84	.4671	.9671	.0329
1.85	.4648	.9678	.0322
1.86	.4686	.9686	.0314
1.87	.4693	.9693	.0307
1.88	.4699	.9699	.0301
1.89	.4706	.9706	.0294
1.90	.4713	.9713	.0287
1.91	.4719	.9719	.0281
1.92	.4726	.9726	.0274
1.93	.4732	.9732	.0268
1.94	.4738	.9738	.0262
1.95	.4744	.9744	.0256
1.96	.4750	.9750	.0250
1.97	.4756	.9756	.0244
1.98	.4761	.9761	.0239
1.99	.4767	.9767	.0233

Fuente: (Suca, 2014)

	Puntuación "Z"	Distancia de "Z" a la media	Área del aporte mayor	Área de la parte menor
De la tabla	1.64	0.4495	0.9495	0.0505
Incógnita	Z	-	0.9500	0.0500
De la tabla	1.65	0.4505	0.9505	0.0495

Tabla N° 10 Cuadro de interpolación para obtener "Z".

Fuente: Elaboración propia



De donde se obtiene el valor de $Z=1.645$. siendo este valor usado para las pruebas de las hipótesis.

- Seleccionar el test estadístico o estadístico de prueba. El estadístico de prueba nos va a permitir rechazar o aceptar la hipótesis planteada, en función al valor que se obtenga y al nivel de significancia.

Si se tienen dos poblaciones en estudio y se quieren comparar una con otra el estadístico de prueba será:

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

Z_0 : Estadístico de prueba.

u_1 : Resistencia promedio del primer grupo.

u_2 : Resistencia promedio del segundo grupo.

σ_1 : Desviación estándar del primer grupo

σ_2 : Desviación estándar del segundo grupo

n_1 : Cantidad de especímenes del primer grupo

n_2 : Cantidad de especímenes del segundo grupo

Donde se considera que si ambas poblaciones presentan una distribución normal entonces la distribución de $X_1 - X_2$, también será una distribución normal con media $u_1 - u_2$ y varianza

$$\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$$

Las puntuaciones “Z” nos indican la dirección y grado en el que un valor individual obtenida se aleja de la media (μ) en una escala de unidades de desviación estándar. (Zapata Coacalla, 2007)

- Establecer la región de rechazo para el estadístico. La región de rechazo se realiza en base a la puntuación de “Z”. Si el valor calculado del test estadístico cae en la región crítica rechazar H_0 en caso contrario no rechazar H_0 y concluir que la muestra aleatoria no proporciona evidencia para rechazarla. En la **Figura** se muestra la región de rechazo de acuerdo al planteamiento para esta investigación, dicha región se encuentra sombreada. Para la investigación se plantea:

- Hipótesis nula $H_0: u_1 \leq u_2$
- Hipótesis alternativa $H_1: u_1 > u_2$

Entonces se rechaza la hipótesis nula, si $Z_0 > Z$ (Z adquiere valores positivos)

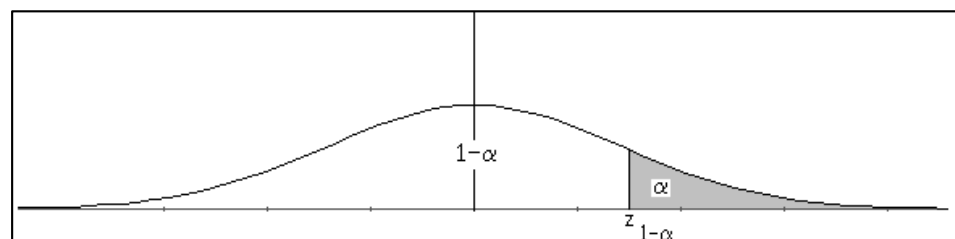


Figura N° 03 Distribución normal
Fuente: (ESTUARDO MORALES, 2012)



2.17. HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES

2.17.1. HIPÓTESIS

2.17.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

El uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido, es apto para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo.

2.17.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El agregado grueso procedente de la demolición del pavimento rígido cumple con las especificaciones normadas.
- La resistencia a la compresión del concreto usando agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido alcanza la resistencia deseada.
- Las ventajas del uso del agregado proveniente de la demolición del pavimento rígido son significativas frente a las desventajas con el uso de agregados convencionales.

2.17.2. VARIABLES

2.17.2.1. VARIABLES GENERALES

- **VI:** Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido
- **VD:** Producción de concreto nuevo.



2.17.2.2. VARIABLES ESPECÍFICAS

- **VI1:** Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido.
- **VD1:** Especificaciones normadas.
- **VI2:** Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido.
- **VD2:** Resistencia deseada.
- **VI3:** Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido.
- **VD3:** Ventaja y desventajas.

2.17.3. DIMENSIONES E INDICADORES

2.17.3.1. DIMENSIONES GENERALES

- **Concreto**
 - ✓ Propiedades de los materiales
 - ✓ Resistencia a la compresión kg/cm²

2.17.3.2. DIMENSIONES ESPECÍFICAS

- **Propiedades de agregados**
 - ✓ Tipo de residuo
 - ✓ Peso específico (Grav. Especifica) gr/cm³
 - ✓ Granulometría
 - ✓ Peso unitario kg/m³
 - ✓ Abrasión %



- **Resistencia a la compresión**

- ✓ Resistencia a la compresión kg/cm²

- **Ventajas y Desventajas**

- ✓ Resistencia a la compresión kg/cm²

- ✓ Costo de residuo S/.

- ✓ Cantidad de Residuo %



CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Investigación Descriptiva. - Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. (Suca, 2014)

3.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Experimental. - Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipulada por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. (Suca, 2014)



3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación tiene un diseño del tipo CUASI EXPERIMENTAL, dado que al momento de realizar los ensayos de los agregados y al realizar las muestras de concreto, se presentan factores los cuales no pueden ser controlados como la temperatura ambiente, humedad, presión atmosférica, exactitud de la calibración de los equipos utilizados en laboratorio para realizar los ensayos necesarios.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN

Concreto elaborado con agregados gruesos reciclados proveniente de la demolición del pavimento rígido de la intersección de las calles Jr. Huallayco y Av. Alfonso Ugarte de la Ciudad de Huánuco.

3.3.2. DETERMINACION DE LA MUESTRA

Muestreo No Probabilístico

En las muestras no probabilísticas no es posible calcular el error estándar, así como el nivel de confianza con el que hacemos la estimación. Sin embargo, este tipo de muestreo es muy importante en estudios cualitativos. En este caso la selección de los elementos no depende de la probabilidad sino del criterio del investigador.

Muestra espontánea. - Se utiliza cuando no se tienen referencias precisas acerca de la población total. Consiste en seleccionar en forma



informal los objetos de estudio de más fácil acceso. Sus resultados son de escaso valor predictivo, es decir no se pueden generalizar a la población. (Borja Suárez, 2012)

La muestra seleccionada es de 108 probetas que se distribuyen de la siguiente manera:

ITEM	TAMAÑO DE GRAVA	CONCENTRACIÓN DE AGREGADO RECICLADO	N° DE MUESTRAS
01	1/2"	00% A.R.	09
		20% A.R.	09
		40% A.R.	09
		60% A.R.	09
02	3/4"	00% A.R.	09
		20% A.R.	09
		40% A.R.	09
		60% A.R.	09
03	1"	00% A.R.	09
		20% A.R.	09
		40% A.R.	09
		60% A.R.	09

Tabla N° 11 Determinación de la muestra

Fuente: Elaboración propia.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TRATAMIENTO DEL MATERIAL RECICLADO

3.4.1.1. DATOS DE LA OBRA DE DONDE FUE RECICLADO EL PAVIMENTO RÍGIDO DEMOLIDO (Fuente: Exp. Técnico)

Los residuos de demolición provienen de la demolición del pavimento rígido de la intersección de las calles Jr. Huallayco y Av. Alfonso Ugarte donde se ejecuta una obra: "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS ZONA URBANA DEL DISTRITO DE



HUÁNUCO PROVINCIA DE HUÁNUCO - HUÁNUCO", ETAPA AV.
ALFONSO UGARTE CDRA. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Región : Huánuco

Provincia : Huánuco

Distrito : Huánuco

Localidad : Moras Pampa

Presupuesto referencial : S/. 2'784,925.37

Plazo de ejecución : 240 días calendarios

Modalidad de ejecución : Por Contrata – Precios Unitarios

Fecha de extracción : 13 de marzo de 2018

- **EVALUACION GENERAL DEL PROYECTO**

Las calles a intervenir son Av. Alfonso Ugarte cdra. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (entre las intersecciones del Jr. Independencia y Malecón Centenario Leoncio Prado).

- ✓ **CALZADA**

La Av. Alfonso Ugarte cuenta con pavimento flexible y se encuentra en muy mal estado que imposibilita el paso normal de los vehículos, mientras que el Jr. Huallayco cuenta con pavimento rígido que se encuentra operativo.

- ✓ **VEREDA**



Actualmente las viviendas cuentan con veredas que se encuentran en mal estado, por lo que urge la necesidad de cambiarlos.

✓ **OBRAS DE ARTE**

En la actualidad (2018) si cuentan con cunetas en mal estado para lo cual se está proponiendo el reemplazo para un buen funcionamiento de las Calles., La Av. Alfonso Ugarte.

● **COMPONENTES DEL PROYECTO**

✓ **Construcción de Pavimento Rígido:** Av. Alfonso Ugarte cdra.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

- Construcción de Calzadas -Construcción de 6 867.20 m² de pavimento rígido de espesor 20 cm.
- Construcción de Veredas: Construcción de 1 796.21 m² de veredas con acabado estampado de espesor 10 cm.
- Construcción de Cunetas: Construcción de 1 800.00 ml de cunetas de concreto de $f'c=210$ kg/cm² (ancho = 0.40m y alto = 0.15m)
- Rehabilitación de Áreas Verdes: Construcción de 2 253.85 m² de áreas verdes con acabado de colocación de planchas de grass y plantones ornamentales.
- Construcción de Sardineles -Construcción de 2 321.72 ml de sardineles con colocación de llorones.



- Construcción de señalización vertical (informativo) y pintado de flechas y pase peatonal sobre el pavimento.
- ✓ **Construcción de obras de saneamiento en intersecciones:**
 - AGUA: Colocación de 51.51 m de colocación de tubería PVC UF DN=160 mm.
 - DESAGUE: Colocación de 49.60 m de colocación de tubería PVC UF DN=200 mm.
 - Construcción de Buzones: Construcción de 05 buzones en intersecciones.
- ✓ **Construcción del sistema de drenaje pluvial:**
 - Construcción de Rejillas Transversales: Construcción de 11.00 und de rejillas metálicas transversales, 10.00 para colocación en posición nueva y 01 para reemplazar un existente ubicado en la intersección con el Jr. Huallayco, de ser necesario.
 - Construcción de Rejillas en Cunetas -Construcción de 14.00 und de rejillas metálicas en cunetas.
 - Construcción de Buzones -Construcción de 17.00 und de buzones colectores.
 - Colocación de Red colector -Colocación de 926.94 ml de tubería para conducción de aguas de lluvia.

3.4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CALLES Y EL ESTADO DEL PAVIMENTO

- DESCRIPCIÓN DE LAS CALLES

La intersección de las calles Jr. Huallayco y Av. Alfonso Ugarte se encuentra en el sector “Las Moras” en los alrededores de la ciudad de Huánuco, a continuación, se muestra una figura de la ubicación del punto de extracción:

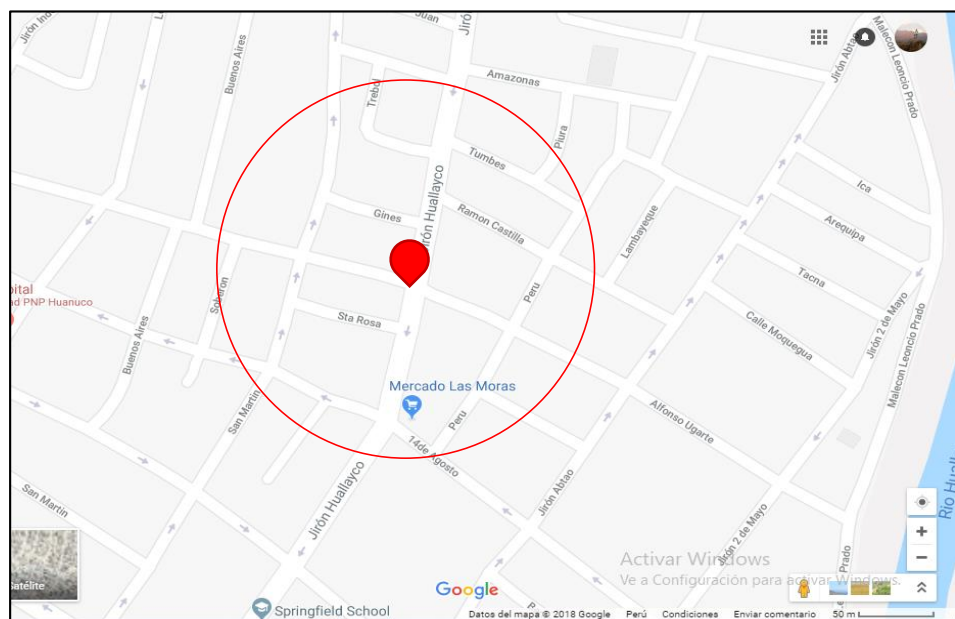


Figura N° 04 Ubicación del punto de extracción del pavimento rígido en demolición.

Fuente: Google Earth

El pavimento de la Av. Alfonso Ugarte era de pavimento flexible, mientras que el pavimento del Jr. Huallayco es de pavimento rígido, es en este punto en que se realizaban trabajos de demolición en el pavimento rígido para realizar trabajos de empalmes de tuberías y posterior pavimentación.



Figura N° 05 Trabajos de demolición del pavimento rígido

- **ESTADO DEL PAVIMENTO (Fuente: Expediente Técnico)**

Tipo de Pavimento : Rígido

Espesor : 0.20 m

Resistencia a la compr.: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Estado : Actualmente operativo (Jr. Huallayco)

Antigüedad : 20 años

Vida útil : 30 – 50 años

- **VARIABLES DE DISEÑO (Fuente: Expediente Técnico)**

Clasificación de la vía : Urbana de alto volumen de tráfico

Tránsito : Está compuesto por vehículos de diferente peso y numero de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, en la actualidad se calculó un

ESAL (Carga de un solo eje equivalente) de
387,000.00

Confiabilidad : 95% (para vías urbanas locales)

- **CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO**

Serviciabilidad : No se encontró información. Sin embargo, de acuerdo a la Tabla N° 08 del marco teórico se puede estimar un índice de serviciabilidad de 2.25, lo que se puede clasificar como REGULAR de acuerdo a la escala de AASHO Road Test.

3.4.1.3. RECILAJE DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Se coordinó con el equipo técnico de la obra para obtener el permiso correspondiente para el reciclaje del pavimento proveniente de la demolición, se prestó todas las facilidades y se coordinó el reciclaje de los bloques de concreto que fueron trasladados al laboratorio de la UNHEVAL sin que estos se contaminaran con algún otro material como se muestra a continuación:



Figura N° 06 Acopio de material a reciclar



Figura N° 07 Traslado de bloques de concreto reciclado al laboratorio de la UNHEVAL.

3.4.2. PROCESAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO

Como se mencionó en el capítulo 2.12, el procedimiento del reciclaje del concreto consiste en extraer el concreto antiguo, triturar el concreto ya sea manualmente o mediante algún proceso mecánico, en este proceso se debe retirar el refuerzo de acero u cualquier material embebido en él, realizar una gradación y lavar para quitar residuos de menor tamaño para finalmente almacenar el agregado grueso y fino resultantes. El primer paso se detalló en el ítem 3.4.1.3., los siguientes pasos se detallan a continuación:

3.4.2.1. TRITURACIÓN DEL CONCRETO

La trituración del concreto se realizó de forma manual debido a que el volumen del concreto era pequeño para tritarlo en una planta chancadora.



Figura N° 08 Pesado de bloques de concreto.



Figura N° 09 Trituración manual de bloques de concreto.



Figura N° 10 Agregado reciclado sin graduar.

“APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018”

Bach. Ing. Civil Keyth Dany Tarazona Beraún



3.4.2.2. GRADUACIÓN O TAMIZADO

La graduación de los agregados se realizó de mediante mallas graduadas en las instalaciones de los laboratorios de la UNHEVAL de forma manual como se muestra a continuación:



Figura N° 11 Separación mediante tamizado de agregados gruesos reciclados.



Figura N° 12 Separación mediante tamizado de agregados gruesos reciclados.



Figura N° 13 Agregado reciclado de 1" almacenado.



Figura N° 14 Agregado reciclado de 3/4" almacenado.



Figura N° 15 Agregado reciclado de 1/2" almacenado.

“APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018”

Bach. Ing. Civil Keyth Dany Tarazona Beraún



3.4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS COMPONENTES DEL CONCRETO

Los ensayos se realizaron basados en el Manual de ensayos de materiales (EM 2000) del Ministerio de transportes y comunicaciones.

3.4.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

El ensayo se realiza de acuerdo a MTC E 108-2000 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO basado en la Norma ASTM D 2216 para los agregados gruesos, así como para los agregados finos.

• EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- ✓ Horno de secado capaz de mantener una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Balanza de 0.01g para muestras de menos de 200g y de 0.1g para muestras de más de 200g.
- ✓ Recipientes (taras)
- ✓ Cucharón

• DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- ✓ Se cuartea el material para tomar una muestra representativa, la masa requerida para cada ensayo varía de acuerdo al tamaño de las partículas ensayadas
- ✓ Se coloca las muestras en los envases (taras) previamente pesadas.



- ✓ Se registra el peso de la tara más el material “húmedo” y se lleva al horno por 24 horas a 105 +/- 5°C;
- ✓ Pasado el tiempo de secado, y luego del enfriado, se procede a pesar el material seco.
- ✓ Se toman 3 muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea más aproximado.



Figura N° 16 Ensayo de Contenido de humedad

• CÁLCULOS

El cálculo de los datos que se aprecian en esta sección se detalla en el Anexo N° 01

Para el cálculo del contenido de humedad de la muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100$$



$$W = \frac{M_s}{M_s} \times 100$$

Dónde:

W = es el contenido de humedad (%)

M_{cws} = es el peso del contenedor + el suelo húmedo (gr)

M_{cs} = es el peso del contenedor + el suelo secado en horno (gr)

M_c = es el peso del contenedor (gr)

M_w = es el peso del agua (gr)

M_s = es el peso de las partículas sólidas (gr)

• **DATOS LOGRADOS**

AGREGADO FINO			
<i>N° Tara</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>W. Tara</i>	507.00	412.00	516.00
<i>W. Tara + M.H.</i>	2,507.00	2,412.00	2,516.00
<i>W. M.H.</i>	2,000.00	2,000.00	2,000.00
<i>W. Tara + M.Seca</i>	2,503.00	2,411.00	2,513.00
<i>W. Muestra Seca</i>	1,996.00	1,999.00	1,997.00
<i>W Agua</i>	4.00	1.00	3.00
<i>Cont. Humedad</i>	0.20%	0.05%	0.15%
<i>C.H. Promedio</i>	0.13%		

Tabla N° 12 Contenido de humedad de los agregados finos

AGREGADO GRUESO Ø 1/2", 3/4" y 1"			
<i>N° Tara</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>W. Tara</i>	411.00	512.00	532.00
<i>W. Tara + M.H.</i>	2,415.00	2,519.00	2,535.00
<i>W. M.H.</i>	2,004.00	2,007.00	2,003.00
<i>W. Tara + M.Seca</i>	2,413.00	2,517.00	2,534.00
<i>W. Muestra Seca</i>	2,002.00	2,005.00	2,002.00
<i>W Agua</i>	2.00	2.00	1.00
<i>Cont. Humedad</i>	0.10%	0.10%	0.05%
<i>C.H. Promedio</i>	0.08%		

Tabla N° 13 Contenido de humedad de los agregados gruesos



AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1/2", 3/4" y 1"			
<i>N° Tara</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>W. Tara</i>	464.00	408.00	416.00
<i>W. Tara + M.H.</i>	2,467.00	2,409.00	2,417.00
<i>W. M.H.</i>	2,003.00	2,001.00	2,001.00
<i>W. Tara + M.Seca</i>	2,462.00	2,404.00	2,408.00
<i>W. Muestra Seca</i>	1,998.00	1,996.00	1,992.00
<i>W Agua</i>	5.00	5.00	9.00
<i>Cont. Humedad</i>	0.25%	0.25%	0.45%
<i>C.H. Promedio</i>	0.32%		

Tabla N° 14 Contenido de humedad de los agregados gruesos reciclados

$$W_{A. FINO} = 0.13\%$$

$$W_{A. GRUESO} = 0.08\%$$

$$W_{A. GRUESO RECIC} = 0.32\%$$

3.4.3.2. PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS

El ensayo se realiza de acuerdo a MTC E 203-2000 PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS basado en la Norma ASTM C 29 por el Método del apisonado para los agregados gruesos, así como para los agregados finos.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- ✓ Balanza con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.
- ✓ Varilla compactadora de acero de 16mm (5/8") de diámetro, Long. 600mm (24") un extremo semiesférico y de 8 mm de radio (5/16")
- ✓ Recipientes de medida metálicos cilíndricos con volumen de acuerdo a la Tabla 1 de MTC E 203-2000.



✓ Cucharón

● **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

- ✓ Se elige un molde de dimensiones adecuadas, de acuerdo a la Tabla 1 de MTC E 203-2000 de dimensiones conocidas y casi invariables. Se determina su peso y dimensiones de tal manera que se pueda lograr su volumen.
- ✓ El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta colmarlo.
- ✓ Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes con la varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.
- ✓ Al apisonar la primera capa, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.
- ✓ Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno.
- ✓ Para determinar el peso unitario suelto del agregado, el procedimiento es similar, en este caso no se apisona con la varilla, sino se llena el recipiente por medio de una herramienta, de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor



de 50 mm (2”), por encima del borde hasta colmarlo. Se debe tener cuidado que no se segreguen las partículas de las cuales se compone la muestra, se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación con el plano de enrase y se determina el peso del recipiente lleno



Figura N° 17 Ensayo de Peso Unitario

• CÁLCULOS

El cálculo de los datos que se aprecian en esta sección se detalla en el Anexo N° 01

Para el cálculo de los vacíos en los agregados de la muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%Vacios = \frac{(AxW) - B}{AxW}$$

Dónde:

A = Peso específico aparente según los procedimientos MTC E205



B = Peso unitario de los agregados (kg/m^3 o lb/pe^3)

W = Peso unitario del agua (1000 kg/m^3 ó 62.4 lb/pe^3)

• **DATOS LOGRADOS**

PESO UNITARIO			
CARACTERISTICAS	AGREGADO FINO		
<i>N° Muestra</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>Diametro del molde (cm)</i>	15.20	15.20	15.20
<i>Altura del molde (cm)</i>	15.40	15.40	15.40
<i>Peso del Molde (gr)</i>	1,783.00	1,783.00	1,783.00
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	2,794.46	2,794.46	2,794.46
<i>W. Molde + Masa Suelta (gr)</i>	6,079.00	6,008.00	5,997.00
<i>W. Molde + Masa Comp. (gr)</i>	6,421.00	6,468.00	6,482.00
<i>W. Promedio Suelto (gr)</i>	6,028.00		
<i>W. Promedio Compact (gr)</i>	6,457.00		
<i>PU. Suelto (gr/cm³)</i>	2.16		
<i>PU. Compactado (gr/cm³)</i>	2.31		

Tabla N° 15 Peso unitario de los agregados finos

PESO UNITARIO			
CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO Ø 1/2"		
<i>N° Muestra</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>Diametro del molde (cm)</i>	25.30	25.30	25.30
<i>Altura del molde (cm)</i>	27.90	27.90	27.90
<i>Peso del Molde (gr)</i>	5,833.00	5,833.00	5,833.00
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	14,026.04	14,026.04	14,026.04
<i>W. Molde + Masa Suelta (gr)</i>	24,700.00	24,812.00	25,062.00
<i>W. Molde + Masa Comp. (gr)</i>	26,459.00	26,888.00	26,691.00
<i>W. Promedio Suelto (gr)</i>	24,858.00		
<i>W. Promedio Compact (gr)</i>	26,679.33		
<i>PU. Suelto (gr/cm³)</i>	1.77		
<i>PU. Compactado (gr/cm³)</i>	1.90		

Tabla N° 16 Peso unitario de los agregados gruesos 1/2"



PESO UNITARIO			
CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO Ø 3/4"		
<i>Nº Muestra</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>Diámetro del molde (cm)</i>	25.30	25.30	25.30
<i>Altura del molde (cm)</i>	27.90	27.90	27.90
<i>Peso del Molde (gr)</i>	5,833.00	5,833.00	5,833.00
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	14,026.04	14,026.04	14,026.04
<i>W. Molde + Masa Suelta (gr)</i>	25,269.00	25,450.00	25,506.00
<i>W. Molde + Masa Comp. (gr)</i>	27,296.00	27,497.00	27,385.00
<i>W. Promedio Suelto (gr)</i>	25,408.33		
<i>W. Promedio Compact (gr)</i>	27,392.67		
<i>PU. Suelto (gr/cm³)</i>	1.81		
<i>PU. Compactado (gr/cm³)</i>	1.95		

Tabla N° 17 Peso unitario de los agregados gruesos 3/4"

PESO UNITARIO			
CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO Ø 1"		
<i>Nº Muestra</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>Diámetro del molde (cm)</i>	25.30	25.30	25.30
<i>Altura del molde (cm)</i>	27.90	27.90	27.90
<i>Peso del Molde (gr)</i>	5,833.00	5,833.00	5,833.00
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	14,026.04	14,026.04	14,026.04
<i>W. Molde + Masa Suelta (gr)</i>	26,798.00	26,920.00	26,915.00
<i>W. Molde + Masa Comp. (gr)</i>	29,026.00	28,900.00	28,945.00
<i>W. Promedio Suelto (gr)</i>	26,877.67		
<i>W. Promedio Compact (gr)</i>	28,957.00		
<i>PU. Suelto (gr/cm³)</i>	1.92		
<i>PU. Compactado (gr/cm³)</i>	2.06		

Tabla N° 18 Peso unitario de los agregados gruesos 1"

PESO UNITARIO			
CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1/2"		
<i>Nº Muestra</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>Diámetro del molde (cm)</i>	25.30	25.30	25.30
<i>Altura del molde (cm)</i>	27.90	27.90	27.90
<i>Peso del Molde (gr)</i>	5,833.00	5,833.00	5,833.00
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	14,026.04	14,026.04	14,026.04
<i>W. Molde + Masa Suelta (gr)</i>	21,505.00	21,409.00	21,332.00
<i>W. Molde + Masa Comp. (gr)</i>	23,241.00	23,303.00	23,437.00
<i>W. Promedio Suelto (gr)</i>	21,415.33		
<i>W. Promedio Compact (gr)</i>	23,327.00		
<i>PU. Suelto (gr/cm³)</i>	1.53		
<i>PU. Compactado (gr/cm³)</i>	1.66		

Tabla N° 19 Peso unitario de los agregados gruesos reciclados 1/2"



PESO UNITARIO			
CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 3/4"		
<i>Nº Muestra</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>Diámetro del molde (cm)</i>	25.30	25.30	25.30
<i>Altura del molde (cm)</i>	27.90	27.90	27.90
<i>Peso del Molde (gr)</i>	5,833.00	5,833.00	5,833.00
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	14,026.04	14,026.04	14,026.04
<i>W. Molde + Masa Suelta (gr)</i>	21,920.00	21,980.00	22,084.00
<i>W. Molde + Masa Comp. (gr)</i>	23,884.00	24,050.00	24,012.00
<i>W. Promedio Suelto (gr)</i>	21,994.67		
<i>W. Promedio Compact (gr)</i>	23,982.00		
<i>PU. Suelto (gr/cm³)</i>	1.57		
<i>PU. Compactado (gr/cm³)</i>	1.71		

Tabla N° 20 Peso unitario de los agregados gruesos reciclados 3/4"

PESO UNITARIO			
CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1"		
<i>Nº Muestra</i>	<i>M-1</i>	<i>M-2</i>	<i>M-3</i>
<i>Diámetro del molde (cm)</i>	25.30	25.30	25.30
<i>Altura del molde (cm)</i>	27.90	27.90	27.90
<i>Peso del Molde (gr)</i>	5,833.00	5,833.00	5,833.00
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	14,026.04	14,026.04	14,026.04
<i>W. Molde + Masa Suelta (gr)</i>	21,794.00	21,620.00	21,691.00
<i>W. Molde + Masa Comp. (gr)</i>	23,714.00	23,955.00	23,818.00
<i>W. Promedio Suelto (gr)</i>	21,701.67		
<i>W. Promedio Compact (gr)</i>	23,829.00		
<i>PU. Suelto (gr/cm³)</i>	1.55		
<i>PU. Compactado (gr/cm³)</i>	1.70		

Tabla N° 21 Peso unitario de los agregados gruesos reciclados 1"

3.4.3.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

El ensayo se realiza de acuerdo a MTC E 204-2000 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS basado en la Norma ASTM C 136 y AASHTO T 27.

• EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- ✓ Balanza con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.



- ✓ Tamices. Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.
- ✓ Estufa del tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ} \text{F}$)
- **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**
 - ✓ Las muestras del ensayo se obtendrán por medio de cuarteo la cual debe tener suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de los finos.
 - ✓ Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300 gr.
 - ✓ Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deben tener pesos mínimos de acuerdo a la tabla del inciso 3.3 de MTC E 204-2000.
 - ✓ La cantidad de material que pasa por el tamiz de 75 mm (Nro. 200), se puede determinar por el método de ensayo MTC E202.
 - ✓ Selecciónese la cantidad de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar, en nuestro caso son las siguientes: 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°04, N°08, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°80, N°100 y N°200.
 - ✓ Colóquese los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura.



- ✓ Efectúese la operación de tamizado a meno o por medio de un tamizador mecánico.
- ✓ Determinése el peso de la muestra retenido en cada tamiz.



Figura N° 18 Ensayo de Análisis Granulométrico de los agregados

- **CÁLCULOS**

El cálculo de los datos que se aprecian en esta sección se detalla en el Anexo N° 01.

- ✓ Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con una aproximación de 0.10%, con base en el peso total de la muestra inicial seca.



• **DATOS LOGRADOS**

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
2"	50.800	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.700	0.000	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.525	0.000	0.000	0.000	100.000
1/4"	6.350	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 04	4.760	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 08	2.380	267.870	5.551	5.551	94.449
N° 16	1.190	979.260	20.293	25.844	74.156
N° 30	0.590	1082.650	22.436	48.280	51.720
N° 50	0.297	1565.990	32.452	80.732	19.268
N° 100	0.149	696.100	14.425	95.157	4.843
N° 200	0.075	210.600	4.364	99.522	0.478
CAZOLETA	0.000	23.080	0.478	100.000	0.000
TOTAL		4825.550	100.000		

Tabla N° 22 Granulometría del agregado fino.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.700	1851.926	92.596	92.596	7.404
3/8"	9.525	146.073	7.304	99.900	0.100
N° 04	4.760	2.001	0.100	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	1.000			
TOTAL		2000.000	100.000		

Tabla N° 23 Granulometría del agregado grueso 1/2".

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 6.



TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.700	2011.923	92.269	92.269	7.731
3/8"	9.525	156.072	7.158	99.426	0.574
N° 04	4.760	12.506	0.574	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	1.000			
TOTAL		2180.500	100.000		

Tabla N° 24 Granulometría del agregado grueso 1/2" con 20% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 6.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.700	2100.826	94.207	94.207	5.793
3/8"	9.525	119.160	5.344	99.551	0.449
N° 04	4.760	10.014	0.449	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	3.000			
TOTAL		2230.000	100.000		

Tabla N° 25 Granulometría del agregado grueso 1/2" con 40% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 6.



TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.700	2085.882	94.086	94.086	5.914
3/8"	9.525	123.111	5.553	99.639	0.361
N° 04	4.760	8.007	0.361	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	2.000			
TOTAL		2217.000	100.000		

Tabla N° 26 Granulometría del agregado grueso 1/2" con 60% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 6.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.700	1748.513	83.781	83.781	16.219
3/8"	9.525	219.315	10.509	94.290	5.710
N° 04	4.760	119.171	5.710	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	3.000			
TOTAL		2087.000	100.000		

Tabla N° 27 Granulometría del agregado grueso reciclado 1/2"

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 6.



TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	4337.720	85.989	85.989	14.011
1/2"	12.700	692.275	13.723	99.712	0.288
3/8"	9.525	14.006	0.278	99.990	0.010
N° 04	4.760	0.500	0.010	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	2.000			
TOTAL		5044.500	100.000		

Tabla N° 28 Granulometría del agregado grueso 3/4"

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 5.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	4328.728	86.376	86.376	13.624
1/2"	12.700	678.771	13.544	99.920	0.080
3/8"	9.525	4.002	0.080	100.000	0.000
N° 04	4.760				
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	2.000			
TOTAL		5011.500	100.000		

Tabla N° 29 Granulometría del agregado grueso 3/4" con 20% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 5.



TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	4681.669	91.722	91.722	8.278
1/2"	12.700	406.318	7.960	99.682	0.318
3/8"	9.525	16.013	0.314	99.996	0.004
N° 04	4.760	0.200	0.004	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	4.000			
TOTAL		5104.200	100.000		

Tabla N° 30 Granulometría del agregado grueso 3/4" con 40% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 5.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	4521.654	91.337	91.337	8.663
1/2"	12.700	421.340	8.511	99.848	0.152
3/8"	9.525	6.005	0.121	99.970	0.030
N° 04	4.760	1.501	0.030	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	4.000			
TOTAL		4950.500	100.000		

Tabla N° 31 Granulometría del agregado grueso 3/4" con 60% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 5.



TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	4326.106	88.750	88.750	11.250
1/2"	12.700	330.237	6.775	95.525	4.475
3/8"	9.525	216.155	4.434	99.959	0.041
N° 04	4.760	2.001	0.041	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	3.500			
TOTAL		4874.500	100.000		

Tabla N° 32 Granulometría del agregado grueso reciclado 3/4".

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 5.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	8791.740	86.995	86.995	13.005
3/4"	19.050	1312.260	12.985	99.980	0.020
1/2"	12.700	0.000	0.000	99.980	0.020
3/8"	9.525	2.000	0.020	100.000	0.000
N° 04	4.760				
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	2.000			
TOTAL		10106.000	100.000		

Tabla N° 33 Granulometría del agregado grueso 1"

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 4.



TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	8721.685	84.259	84.259	15.741
3/4"	19.050	1580.305	15.267	99.527	0.473
1/2"	12.700	49.010	0.473	100.000	0.000
3/8"	9.525				
N° 04	4.760				
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	2.000			
TOTAL		10351.000	100.000		

Tabla N° 34 Granulometría del agregado grueso 1" con 20% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 4.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	9127.552	88.807	88.807	11.193
3/4"	19.050	1126.438	10.960	99.766	0.234
1/2"	12.700	24.009	0.234	100.000	0.000
3/8"	9.525				
N° 04	4.760				
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	4.000			
TOTAL		10278.000	100.000		

Tabla N° 35 Granulometría del agregado grueso 1" con 40% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 4.



TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	9419.450	90.825	90.825	9.175
3/4"	19.050	893.517	8.616	99.440	0.560
1/2"	12.700	58.034	0.560	100.000	0.000
3/8"	9.525				
N° 04	4.760				
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	6.000			
TOTAL		10371.000	100.000		

Tabla N° 36 Granulometría del agregado grueso 1" con 60% de agregado reciclado.

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 4.

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	8454.536	81.694	81.694	18.306
3/4"	19.050	1663.286	16.072	97.766	2.234
1/2"	12.700	224.173	2.166	99.932	0.068
3/8"	9.525	2.002	0.019	99.952	0.048
N° 04	4.760	5.004	0.048	100.000	0.000
N° 08	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 200	0.075				
CAZOLETA	0.000	8.000			
TOTAL		10349.000	100.000		

Tabla N° 37 Granulometría del agregado grueso reciclado 1".

De acuerdo a la tabla N° 02 del inciso 2.1.3 del marco teórico, usando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico, se verifica que la granulometría se ajusta al Huso 4.



3.4.3.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

El ensayo se realiza de acuerdo a MTC E 205-2000 GRAVEDAD ESPÉCÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS basado en la Norma ASTM C 128 y AASHTO T 84.

- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- ✓ Balanza con una capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.10 g.
- ✓ Matraz aforado o picnómetro capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de $\pm 0.1 \text{ cm}^3$
- ✓ Molde cónico.
- ✓ Varilla para apisonado.
- ✓ Bandejas.
- ✓ Un dispositivo que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada.

- **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

- ✓ Después de homogeneizar completamente la muestra y eliminar el material de tamaño superior a 4.75 mm (tamiz N° 04), se selecciona, por cuarteo, una cantidad aproximada de 1 kg., que se seca en el horno a 100-110 °C, se enfría luego al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante. A



continuación, se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante 24 ± 4 horas.

- ✓ Después del periodo de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja, comenzando con la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire caliente, mientras se agita continuamente para que la desecación sea uniforme, y continuando con el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente.
- ✓ Para fijar este punto, cuando se empiece a observar visualmente que se está aproximando el agregado a esta condición se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuara agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca.



Figura N° 19 Prueba del cono durante el ensayo de gravedad específica.

- ✓ Inmediatamente, se introduce en el picnómetro previamente tarado 500 g de agregado fino y se le añade agua hasta aproximadamente un 90% de su capacidad; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso, se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua) con una aprox. de 0.1 g.



Figura N° 20 Extracción de aire del matraz durante el ensayo de gravedad esp.



- ✓ Se seca el agregado fino del matraz y se deseca en un horno a 100 – 110 °C, hasta peso constante; se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1:00 a 1:30 horas y se determina finalmente su peso seco.



Figura N° 21 Pesado de la muestra final durante el ensayo de grav. específica

• CÁLCULOS

El cálculo de los datos que se aprecian en esta sección se detalla en el Anexo N° 01.

Para el cálculo de gravedad específica y absorción de los agregados finos de la muestra se utiliza las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{Peso específico aparente} &= \frac{A}{B + S - C} \\ \text{Peso específico aparente (S.S.S.)} &= \frac{A}{B + S - C} \\ \text{Peso específico nominal} &= \frac{A}{B + A - C} \\ \text{Absorción} &= \frac{S - A}{A} \times 100 \end{aligned}$$



Dónde:

A = Peso al aire de la muestra desecada (gr)

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua (gr)

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua (gr)

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca (gr)

S.S.S. = Saturado con Superficie Seca

• **DATOS LOGRADOS**

DATOS	
<i>Peso de la Arena S.S.S. (gr)</i>	350.00
<i>Peso del Balon Seco (gr)</i>	151.47
<i>Peso de la Arena S.S.S. + Peso del Balon (gr)</i>	501.47
<i>Peso Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso Agua (g)</i>	866.45
<i>Peso del Agua (gr)</i>	364.98
<i>Peso de la Tara (gr)</i>	0.00
<i>Peso de la Tara + Arena Seca (gr)</i>	344.34
<i>Peso de la Arena Seca (gr)</i>	344.34
<i>Volumen del Balon (cm³)</i>	500.00
<i>Peso Especifico Aparente (gr/cm³)</i>	2.55
<i>Peso Especifico Aparente S.S.S. (gr/cm³)</i>	2.55
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.66
<i>Porcentaje de Absorcion(%)</i>	1.64

Tabla N° 38 Gravedad específica y absorción de los agregados finos.

3.4.3.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS

El ensayo se realiza de acuerdo a MTC E 206-2000 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS basado en la Norma ASTM C 127 y AASHTO T 85.



- **EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- ✓ Balanza con capacidad igual o superior a 5000g.
- ✓ Canastillas metálicas.
- ✓ Dispositivo de suspensión.

- **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

- ✓ Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolo, a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo de acuerdo a la Tabla 1 de MTC E 206-2000.
- ✓ La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas; se seca a continuación en una estufa a 100 – 110 °C y se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante 24 ± 4 horas.
- ✓ Después del periodo de inmersión, se seca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un pifio absorbente de gran tamaño; hasta que se elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores.

- ✓ A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado saturada con superficie seca (S.S.S.), estas y todas las pesadas subsiguientes se realizan con una aproximación de 0.5g.



Figura N° 22 Pesaje de muestra en el estado S.S.S. durante ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos.

- ✓ A continuación, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua, a temperatura ente 21° y 25°C y un peso unitario de 0.997 ± 0.002 g/cm³.



Figura N° 23 Pesaje de muestra sumergida en agua, ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos.



- ✓ Se seca entonces la muestra en horno 100 – 110 °C y se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco hasta peso constante.



Figura N° 24 Secado de las muestras a temperatura ambiente, ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos.

• CÁLCULOS

El cálculo de los datos que se aprecian en esta sección se detalla en el Anexo N° 01.

Para el cálculo de peso específico y absorción de los agregados gruesos de la muestra se utiliza las siguientes fórmulas:

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

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

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

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

Dónde:

A = Peso al aire de la muestra seca (gr)



B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)

S.S.S. = Saturado con Superficie Seca

• **DATOS LOGRADOS**

AGREGADO GRUESO $\phi 1/2''$ - 0% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	994.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,002.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	613.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.56
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.61
<i>Absorcion (%)</i>	0.80

Tabla N° 39 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1/2"

AGREGADO GRUESO $\phi 1/2''$ - 20% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	982.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,000.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	589.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.39
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.50
<i>Absorcion (%)</i>	1.83

Tabla N° 40 Peso específico y absorción agregados gruesos 1/2" con 20% AR

AGREGADO GRUESO $\phi 1/2''$ - 40% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	970.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,002.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	581.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.30
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.49
<i>Absorcion (%)</i>	3.30

Tabla N° 41 Peso específico y absorción de agregados gruesos 1/2" con 40% AR



AGREGADO GRUESO Ø1/2" - 60% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	954.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	998.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	571.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.23
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.49
<i>Absorcion (%)</i>	4.61

Tabla N° 42 Peso específico y absorción de agregados gruesos 1/2" con 60% AR

AGREGADO GRUESO Ø1/2" - 100% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	932.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,000.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	557.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.10
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.49
<i>Absorcion (%)</i>	7.30

Tabla N° 43 Peso específico y absorción de agregados gruesos reciclados 1/2"

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 0% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	996.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,002.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	607.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.52
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.56
<i>Absorcion (%)</i>	0.60

Tabla N° 44 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 3/4"

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 20% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	978.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,000.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	597.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.43
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.57
<i>Absorcion (%)</i>	2.25

Tabla N° 45 Peso específico y absorción de agregados gruesos 3/4" con 20% AR



AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 40% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	968.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,002.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	583.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.31
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.51
<i>Absorcion (%)</i>	3.51

Tabla N° 46 Peso específico y absorción de agregados gruesos 3/4" con 40% AR

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 60% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	968.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,008.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	581.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.27
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.50
<i>Absorcion (%)</i>	4.13

Tabla N° 47 Peso específico y absorción de agregados gruesos 3/4" con 60% AR

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 100% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	934.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,004.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	555.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.08
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.46
<i>Absorcion (%)</i>	7.49

Tabla N° 48 Peso específico y absorción de agregados gruesos reciclados 3/4"

AGREGADO GRUESO Ø1" - 0% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	998.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,004.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	613.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.55
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.59
<i>Absorcion (%)</i>	0.60

Tabla N° 49 Peso específico y absorción de agregados gruesos 1"



AGREGADO GRUESO Ø1" - 20% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	982.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,004.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	599.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.42
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.56
<i>Absorcion (%)</i>	2.24

Tabla N° 50 Peso específico y absorción de agregados gruesos 1" con 20% AR

AGREGADO GRUESO Ø1" - 40% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	974.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,000.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	531.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.08
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.20
<i>Absorcion (%)</i>	2.67

Tabla N° 51 Peso específico y absorción de agregados gruesos 1" con 40% AR

AGREGADO GRUESO Ø1" - 60% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	966.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,000.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	585.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.33
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.54
<i>Absorcion (%)</i>	3.52

Tabla N° 52 Peso específico y absorción de agregados gruesos 1" con 60% AR

AGREGADO GRUESO Ø1" - 100% AR	
<i>Peso en el Aire seca (gr)</i>	936.00
<i>Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)</i>	1,000.00
<i>Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)</i>	559.00
<i>Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)</i>	2.12
<i>Peso Especifico Nominal (gr/cm³)</i>	2.48
<i>Absorcion (%)</i>	6.84

Tabla N° 53 Peso específico y absorción de agregados gruesos reciclados 1"



3.4.3.6. ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½")

El ensayo se realiza de acuerdo a MTC E 207-2000 ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½") basado en la Norma ASTM C 131 y AASHTO T 96 y ASTM C 535.

• EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- ✓ Balanza con aproximación de 1gr.
- ✓ Estufa, temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F)
- ✓ Tamices
- ✓ Máquina de los Ángeles
- ✓ Carga abrasiva, esferas de acero o de fundición de un diámetro entre 46.38 mm (1 13/16") y 47.63 mm (1 7/8") y un peso aproximado entre 390 gr y 445 gr.

• DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- ✓ La muestra consiste en agregado limpio por lavado y secado en horno a una temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C, separadas por fracciones de cada tamaño y recombinadas con una de las granulometrías indicadas en la Tabla 2 de MTC E 207-2000.



Figura N° 25 Pesaje de muestras re combinadas para ensayo de Abrasión Los Ángeles

- ✓ La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, A, B, C o D, según se indica en la Tabla 1 de MTC E 207-2000, para nuestro caso se escogió el Método A con 12 esferas.
- ✓ La muestra y la carga abrasiva se colocan en la maquina Los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser de 500, la máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante.



Figura N° 26 Colocación de muestra y carga abrasiva en la maquina Los Ángeles

- ✓ Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en el tamiz N° 12. La fracción que se retiene se lava y se seca en el horno a una temperatura comprendida 105 a 110 °C hasta peso constante y se pesa.



Figura N° 27 Descarga de muestra y tamizado durante ensayo de Abrasión Los Ángeles



- ✓ Cuando el agregado esté libre de costras o de polvo, puede eliminarse la exigencia del lavado antes y después del ensayo.

• CÁLCULOS

El cálculo de los datos que se aprecian en esta sección se detalla en el Anexo N° 01.

Para el cálculo se considera la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original.

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles. Calculándose tal valor así:

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2)/P_1$$

P_1 = Peso de la muestra seca antes del ensayo

P_2 = Peos de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (N°12)

• DATOS LOGRADOS

ABRASIÓN (MÉTODO A)					
	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Ø 3/8"	1,250.00	1,251.00	1,250.00	1,250.00	1,250.00
Ø 1/2"	1,250.00	1,250.00	1,250.00	1,249.00	1,250.00
Ø 3/4"	1,250.00	1,250.00	1,251.00	1,250.00	1,252.00
Ø 1"	1,250.00	1,251.00	1,252.50	1,255.00	1,253.00
<i>W total inicial</i>	5,000.00	5,002.00	5,003.50	5,004.00	5,005.00
<i>W final (Ret. Tamiz N°12)</i>	3,968.00	3,696.00	3,572.00	3,512.00	3,270.00
<i>% Desgaste</i>	20.64	26.11	28.61	29.82	34.67

Tabla N° 54 Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½")



3.4.4. DISEÑO DE MEZCLAS

3.4.4.1. CEMENTO

El Cemento Portland Tipo I, clasificado así por la ASTM C150, que se ha usado para la presente investigación es de marca ANDINO TIPO I, y sus características son las siguientes:

- Características:
 - ✓ Cemento Portland Puzolánico tipo I (PM)
 - ✓ Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.090 y la Norma Técnica Americana C-595.
 - ✓ Contiene no más del 15% de puzolana en la masa del cemento.
 - ✓ Peso específico 3.11 gr/cm³.
- Presentación:

Bolsa de 42.50 kg (3 pliegos).

3.4.4.2. AGREGADOS NATURALES

Los agregados naturales provienen de la cantera Pitumama se utilizó esta cantera debido a su fácil acceso y a su disponibilidad a la venta de agregados en volúmenes menores.



Figura N° 28 Cantera de Pitumama

3.4.4.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

- GRANULOMETRÍA

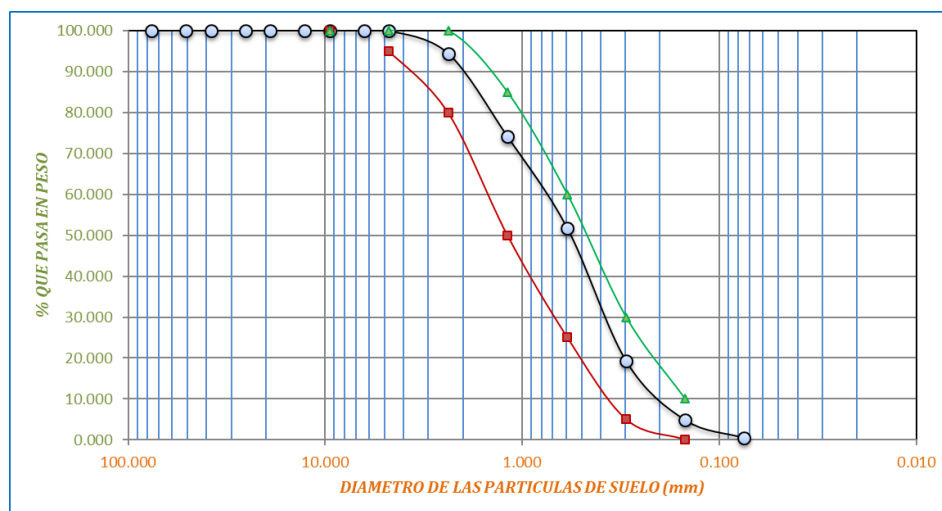


Gráfico N° 01 Curva granulométrica del agregado fino natural

INTERPRETACIÓN

Se observa que la curva granulométrica del agregado fino natural el cual se encuentra dentro de los límites establecidos por la (NTP 400.037, 2014), por lo que es aceptable su uso.



✓ **MÓDULO DE FINEZA**

De la granulometría se obtienen los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°08, N°16, N°30, N°50 y N°100; los cuales se suman y se dividen entre 100 para obtener el módulo de fineza:

$$Mód. Fin. A. fino = \frac{5.551 + 25.844 + 48.280 + 80.732 + 95.157}{100}$$

$$Mód. Fin. A. fino = 2.56$$

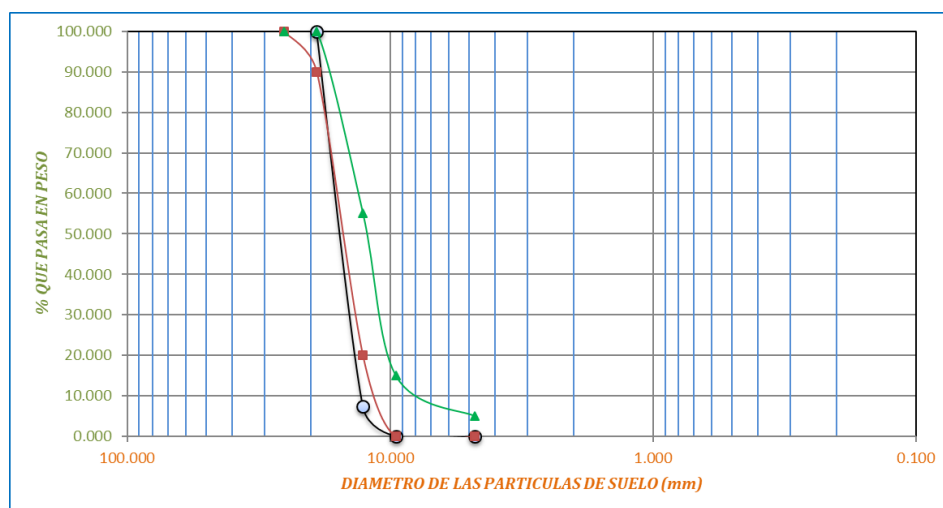


Gráfico N° 02 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2"

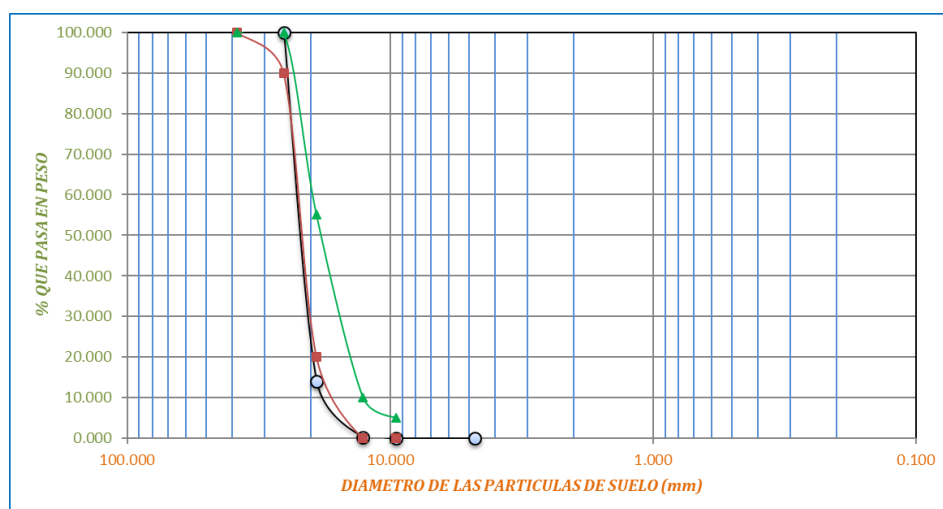


Gráfico N° 03 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4"

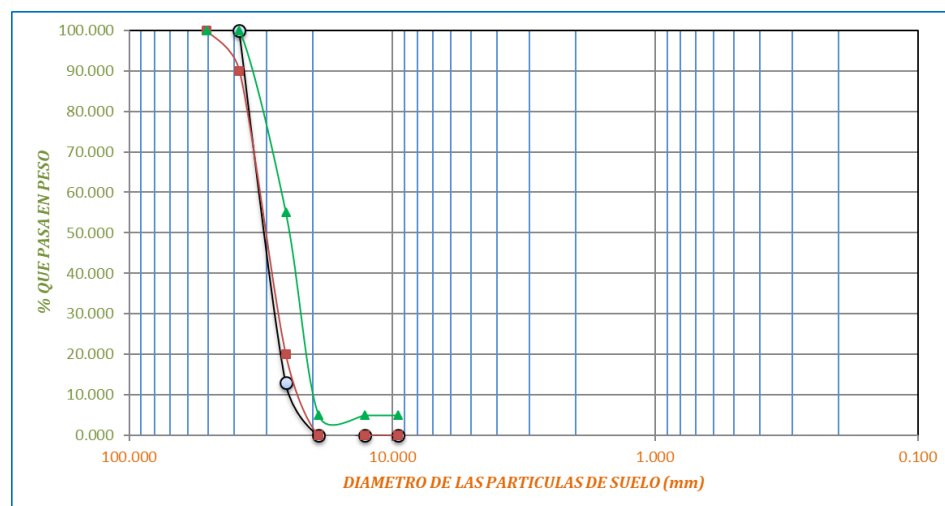


Gráfico N° 04 Curva granulométrica del agregado grueso 1"

INTERPRETACIÓN

Se observa que la curva granulométrica del agregado grueso natural se encuentran dentro de los límites establecidos por la (NTP 400.037, 2014), sin embargo, en algunos casos vemos que se encuentra muy cercado hacia el límite inferior, lo que nos dice que hay predominancia de partículas grandes, a pesar de esto es aceptable su uso.

✓ MÓDULO DE FINEZA

De la granulometría se obtienen los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. Se considera el 100% de acumulado para los tamices N°4 a N°100; porque implícitamente retienen todo el material.

$$Mód. Fin. A. grueso = \frac{\%(3/4") + \%(3/8") + 6x(100)}{100}$$



RESULTADOS OBTENIDOS:

Módulo de Fineza del agregado fino = 2.56

Módulo de Fineza del agregado grueso 1/2" = 7.00

Módulo de Fineza del agregado grueso 3/4" = 7.00

Módulo de Fineza del agregado grueso 1" = 7.00

- **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

	Tamaño máximo	Tamaño máx. nominal	% que pasa la malla N°200
A. fino	-	-	0.48
A. grueso 1/2"	3/4"	1/2"	0.05
A. grueso 3/4"	1"	3/4"	0.04
A. grueso 1"	1 1/2"	1"	0.02

Tabla N° 55 Características físicas de los agregados

INTERPRETACIÓN

El tamaño máximo se toma para garantizar la adecuada distribución de la mezcla en el molde de 6" x 12" según lo indica el criterio de la ASTM C31, "Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo"; que indica que el Tamaño Máximo del agregado no debe ser mayor que tercera parte del diámetro del molde.

- **GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS**

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.66

Porcentaje de Absorción (%) = 1.64

INTERPRETACIÓN



Mientras más alto sea el valor del peso específico, éste será más estable y menos poroso. Además, que el peso específico deberá ser siempre mayor a 2.4 para obtener concretos con peso normal.

- **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS**

AGREGADO GRUESO 1/2"

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.61

Absorción (%) = 0.80

AGREGADO GRUESO 3/4"

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.56

Absorción (%) = 0.60

AGREGADO GRUESO 1"

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.59

Absorción (%) = 0.60

INTERPRETACIÓN

Mientras más alto sea el valor del peso específico, éste será más estable y menos poroso. Además, que el peso específico deberá ser siempre mayor a 2.4 para obtener concretos con peso normal.

- **PESO UNITARIO SECO, SUELTO Y COMPACTADO**

AGREGADO FINO

PU. Suelto (gr/cm³) = 2.16

PU. Compactado (gr/cm³) = 2.31



AGREGADO GRUESO Ø 1/2"

PU. Suelto (gr/cm³) = 1.77

PU. Compactado (gr/cm³) = 1.90

AGREGADO GRUESO Ø 3/4"

PU. Suelto (gr/cm³) = 1.81

PU. Compactado (gr/cm³) = 1.95

AGREGADO GRUESO Ø 1"

PU. Suelto (gr/cm³) = 1.92

PU. Compactado (gr/cm³) = 2.06

- **CONTENIDO DE HUMEDAD**

AGREGADO FINO = 0.13%

AGREGADO GRUESO = 0.08%

3.4.4.3. AGREGADOS RECICLADOS Y COMBINADOS

3.4.4.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

- **GRANULOMETRÍA**

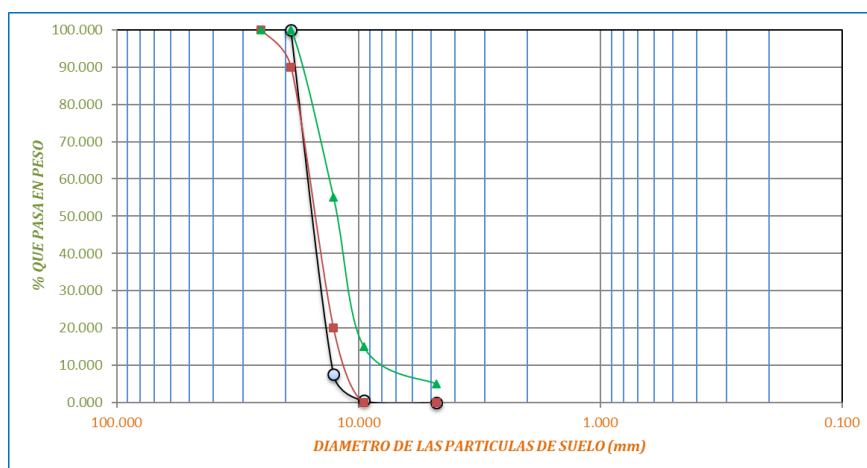


Gráfico N° 05 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2" con 20% de agregado reciclado.

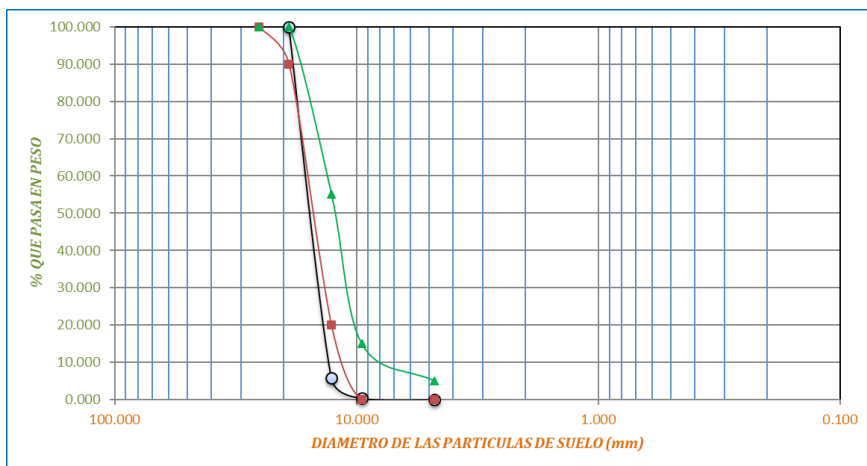


Gráfico N° 06 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2" con 40% de agregado reciclado.

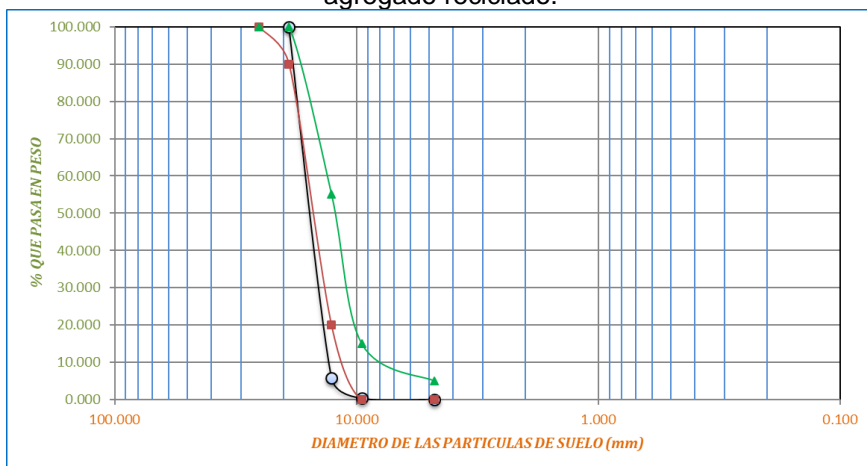


Gráfico N° 07 Curva granulométrica del agregado grueso 1/2" con 60% de agregado reciclado.

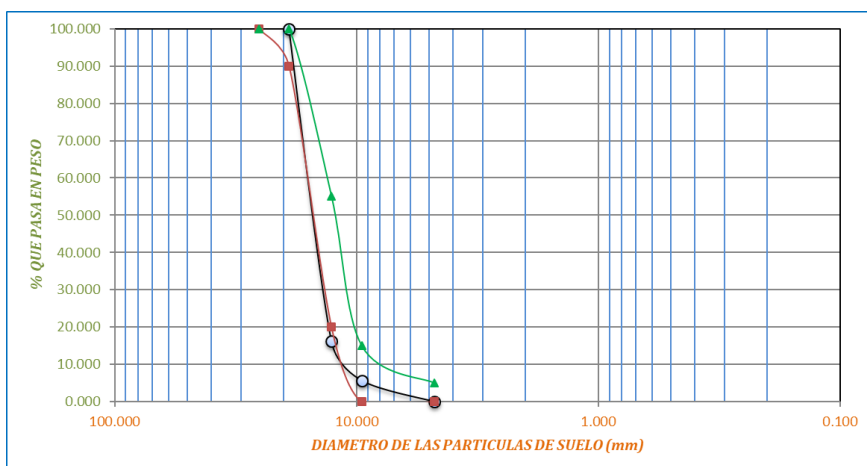


Gráfico N° 08 Curva granulométrica del agregado grueso reciclado de 1/2".

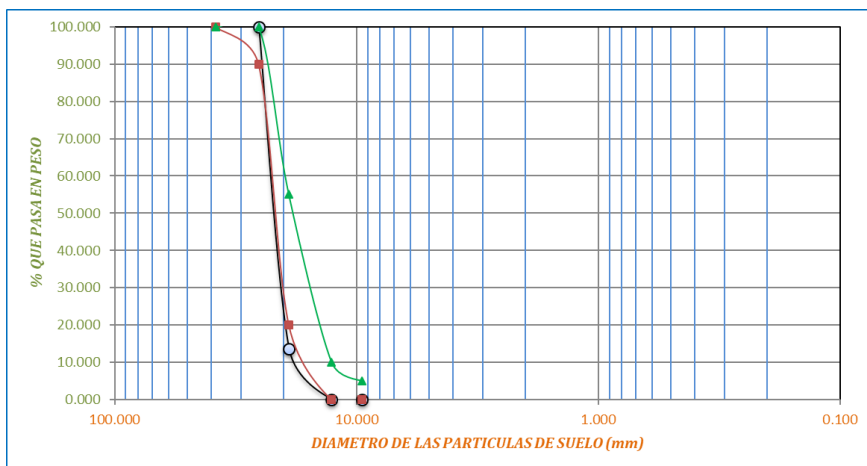


Gráfico N° 09 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4" con 20% de agregado reciclado.

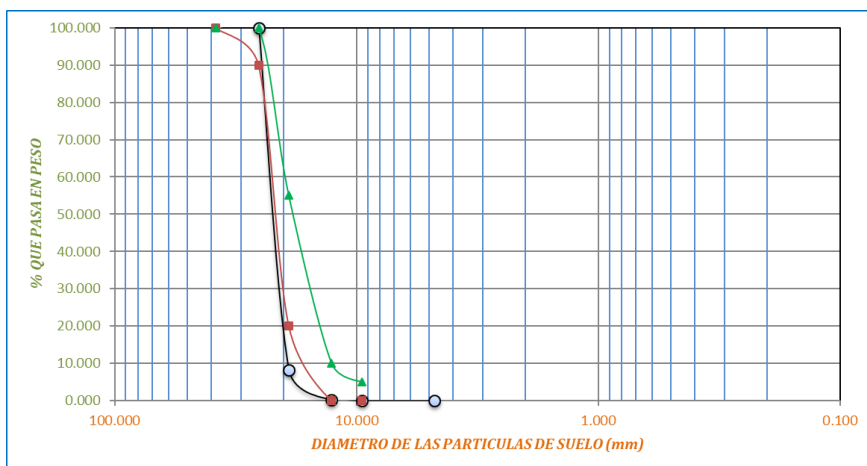


Gráfico N° 10 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4" con 40% de agregado reciclado.

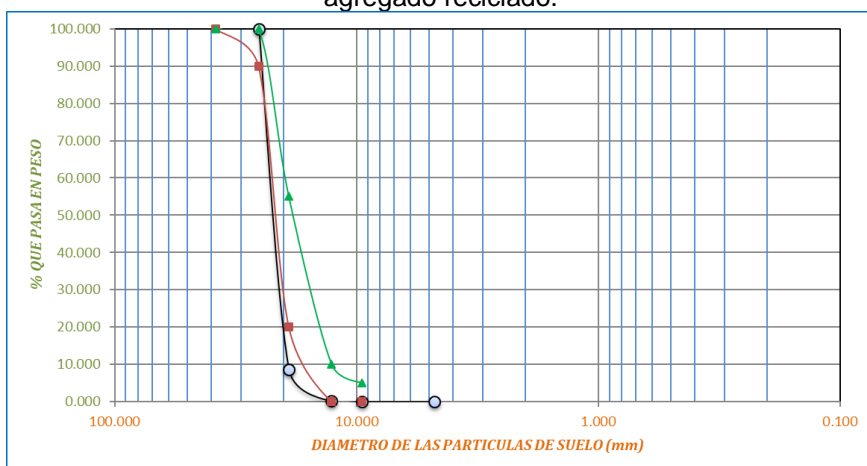


Gráfico N° 11 Curva granulométrica del agregado grueso 3/4" con 60% de agregado reciclado.

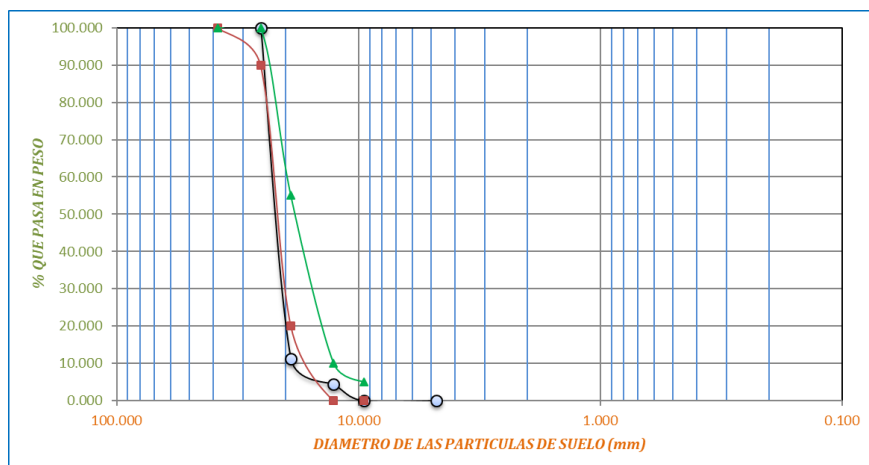


Gráfico N° 12 Curva granulométrica del agregado grueso reciclado de 3/4".

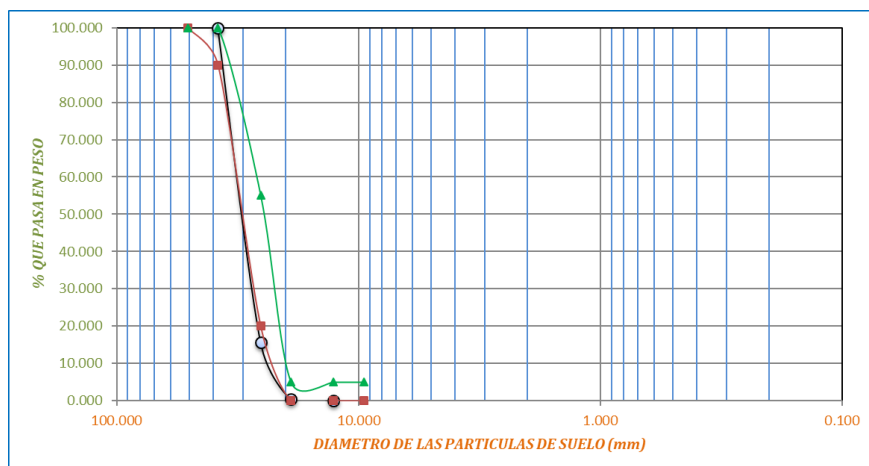


Gráfico N° 13 Curva granulométrica del agregado grueso 1" con 20% de agregado reciclado.

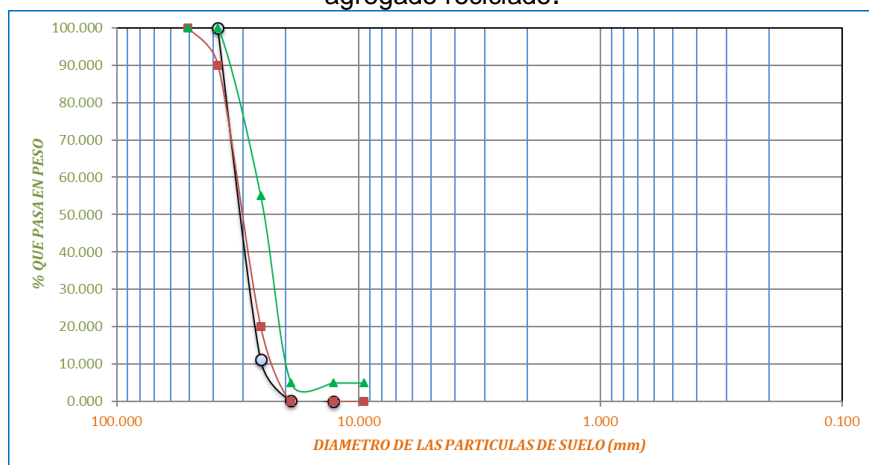


Gráfico N° 14 Curva granulométrica del agregado grueso 1" con 40% de agregado reciclado.

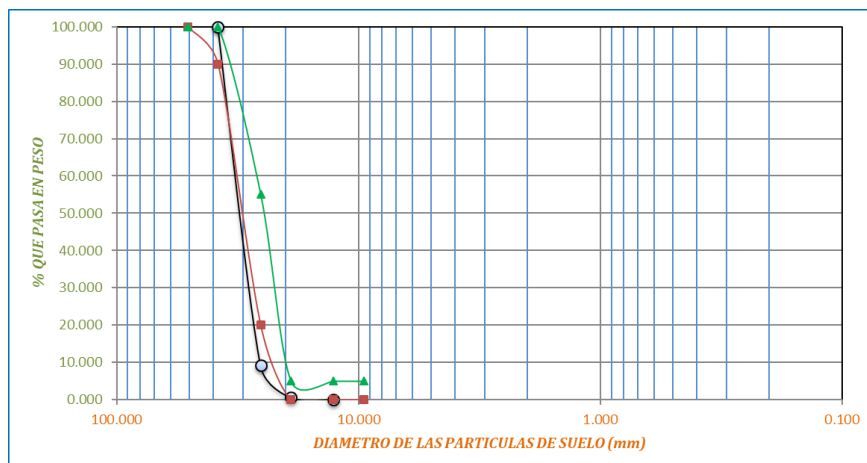


Gráfico N° 15 Curva granulométrica del agregado grueso 1" con 60% de agregado reciclado.

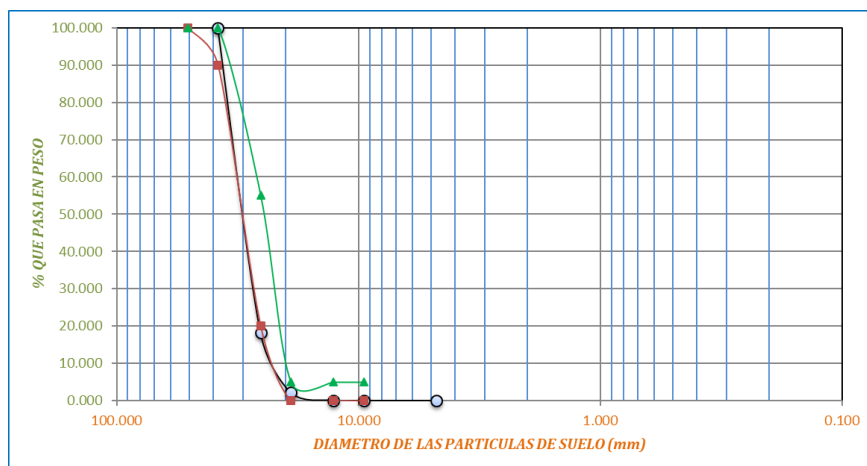


Gráfico N° 16 Curva granulométrica del agregado grueso reciclado de 1".

INTERPRETACIÓN

Se observa que la curva granulométrica del agregado grueso natural y la combinación con los agregados reciclados en los diferentes porcentajes se encuentran dentro de los límites establecidos por la (NTP 400.037, 2014), sin embargo, en algunos casos vemos que se encuentra muy cercano hacia el límite inferior,



lo que nos dice que hay predominancia de partículas grandes, a pesar de esto es aceptable su uso.

✓ **MÓDULO DE FINEZA**

De la granulometría se obtienen los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. Se considera el 100% de acumulado para los tamices N°4 a N°100; porque implícitamente retienen todo el material.

$$Mód. Fin. A. grueso = \frac{\%(3/4") + \%(3/8") + 6x(100)}{100}$$

RESULTADOS OBTENIDOS:

Módulo de Fineza del agregado grueso 1/2" con 20% AR = 6.99

Módulo de Fineza del agregado grueso 1/2" con 40% AR = 6.99

Módulo de Fineza del agregado grueso 1/2" con 60% AR = 7.00

Módulo de Fineza del agregado reciclado 1/2" = 6.94

Módulo de Fineza del agregado grueso 3/4" con 20% AR = 7.00

Módulo de Fineza del agregado grueso 3/4" con 40% AR = 7.00

Módulo de Fineza del agregado grueso 3/4" con 60% AR = 7.00

Módulo de Fineza del agregado reciclado 3/4" = 6.95

Módulo de Fineza del agregado grueso 1" con 20% AR = 7.00

Módulo de Fineza del agregado grueso 1" con 40% AR = 7.00

Módulo de Fineza del agregado grueso 1" con 60% AR = 6.99

Módulo de Fineza del agregado reciclado 1" = 6.98



- **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

	Tamaño máximo	Tamaño máx. nominal	% que pasa la malla N°200
A. grueso 1/2" + 20% AR	3/4"	1/2"	0.05
A. grueso 1/2" + 40% AR	3/4"	1/2"	0.13
A. grueso 1/2" + 60% AR	3/4"	1/2"	0.09
A. Reciclado 1/2"	3/4"	1/2"	0.14
A. grueso 3/4"+ 20% AR	1"	3/4"	0.04
A. grueso 3/4"+ 40% AR	1"	3/4"	0.08
A. grueso 3/4"+ 60% AR	1"	3/4"	0.08
A. Reciclado 3/4"	1"	3/4"	0.07
A. grueso 1" + 20% AR	1 1/2"	1"	0.02
A. grueso 1" + 40% AR	1 1/2"	1"	0.04
A. grueso 1"+ 60% AR	1 1/2"	1"	0.06
A. Reciclado 1"	1 1/2"	1"	0.08

Tabla N° 56 Características físicas de los agregados

INTERPRETACIÓN

El tamaño máximo se toma para garantizar la adecuada distribución de la mezcla en el molde de 6" x 12" según lo indica el criterio de la ASTM C31, "Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo"; que indica que el Tamaño Máximo del agregado no debe ser mayor que tercera parte del diámetro del molde.

- **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS**

AGREGADO GRUESO 1/2" - 20% AR

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.50

Absorción (%) = 1.83

AGREGADO GRUESO 1/2" - 40% AR

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.49



Absorción (%)	= 3.30
AGREGADO GRUESO 1/2" - 60% AR	
Peso Específico Nominal (gr/cm ³)	= 2.49
Absorción (%)	= 4.61
AGREGADO GRUESO RECICLADO 1/2"	
Peso Específico Nominal (gr/cm ³)	= 2.49
Absorción (%)	= 7.30
AGREGADO GRUESO 3/4"- 20% AR	
Peso Específico Nominal (gr/cm ³)	= 2.57
Absorción (%)	= 2.25
AGREGADO GRUESO 3/4"- 40% AR	
Peso Específico Nominal (gr/cm ³)	= 2.51
Absorción (%)	= 3.51
AGREGADO GRUESO 3/4" - 60% AR	
Peso Específico Nominal (gr/cm ³)	= 2.50
Absorción (%)	= 4.13
AGREGADO GRUESO RECICLADO 3/4"	
Peso Específico Nominal (gr/cm ³)	= 2.46
Absorción (%)	= 7.49
AGREGADO GRUESO 1"- 20% AR	
Peso Específico Nominal (gr/cm ³)	= 2.56
Absorción (%)	= 2.24



AGREGADO GRUESO 1" - 40% AR

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.20

Absorción (%) = 2.67

AGREGADO GRUESO 1" - 60% AR

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.54

Absorción (%) = 3.52

AGREGADO GRUESO RECICLADO 1"

Peso Específico Nominal (gr/cm³) = 2.48

Absorción (%) = 6.84

INTERPRETACIÓN

Mientras más alto sea el valor del peso específico, éste será más estable y menos poroso. Además, que el peso específico deberá ser siempre mayor a 2.4 para obtener concretos con peso normal.

- **PESO UNITARIO SECO, SUELTO Y COMPACTADO**

AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1/2"

PU. Suelto (gr/cm³) = 1.53

PU. Compactado (gr/cm³) = 1.66

AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 3/4"

PU. Suelto (gr/cm³) = 1.57

PU. Compactado (gr/cm³) = 1.71

AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1"

PU. Suelto (gr/cm³) = 1.55



PU. Compactado (gr/cm³) = 1.70

- **CONTENIDO DE HUMEDAD**

AGREGADO GRUESO RECICLADO = 0.32%

- **ABRASIÓN DE LOS AGREGADO**

Las especificaciones de los agregados para concreto (NTP 400.037) establecen una pérdida máxima permisible de 50% de esta prueba por el método de Los Ángeles. Considerando lo mencionado, los resultados de laboratorio referentes a la abrasión son aceptables, ya que ninguno de los grupos ha excedido el 50% de pérdida.

AGREGADO GRUESO = 20.64%

AGREGADO GRUESO - 20% AR = 26.11%

AGREGADO GRUESO - 40% AR = 28.61%

AGREGADO GRUESO - 60% AR = 29.82%

AGREGADO GRUESO RECICLADO = 34.67%

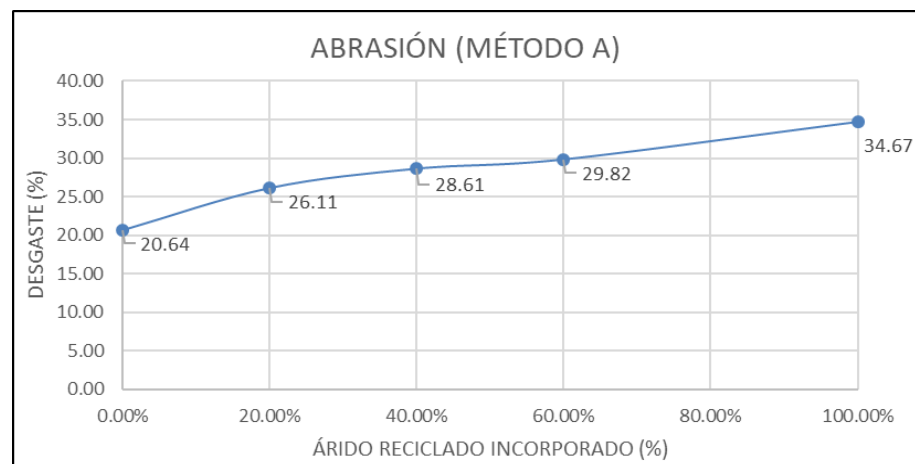


Gráfico N° 17 Desgaste de los agregados de acuerdo a la incorporación de los agregados reciclados en %.



INTERPRETACIÓN

La curva crece linealmente conforme se incorpora el agregado reciclado. Se concluye que cuantas más partículas recicladas posea un agregado grueso, el desgaste será mayor.

3.4.4.4. AGUA

Se admiten todas las aguas potables y las tradicionalmente empleadas, aunque no necesariamente el agua que es buena para beber es buena para el Concreto, en nuestro caso, se usó el agua potable que se dispone en el laboratorio, no se realizó el Análisis Físico – Químico.

En la NTP 339.088 se establecen los requisitos para que el agua pueda ser utilizado en la preparación de concreto y morteros, los límites son los siguientes:

- ✓ El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3ppm.
- ✓ El contenido de residuo sólido no será mayor de 5000ppm.
- ✓ El pH estará comprendido entre 5,5 y 8.
- ✓ El contenido de sulfatos, expresado en ion SO_4 será menor de 600ppm.
- ✓ El contenido de cloruros, expresado en ion Cl , será menor de 1000ppm.



- ✓ El contenido de Carbonatos y Bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) será mayor de 1000ppm.

3.4.4.5. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES

El objetivo de la investigación es realizar un estudio del comportamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido para que se pueda utilizar como agregado en el concreto nuevo, se elaboró 3 diseños de mezclas para los 3 tamaños de agregados 1/2", 3/4" y 1" para una resistencia de 210 kg/cm².

El procedimiento que se usará es de acuerdo al ACI 211.1, en el cual se detallan dos métodos de proporcionar mezclas de concreto normal y denso que son:

- ✓ Basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario.
- ✓ Basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto.

Los métodos descritos proporcionan una aproximación preliminar de las cantidades de materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, que luego deben ser verificadas mediante mezclas de prueba en el laboratorio o en el campo y efectuar los ajustes que sean necesarios con el objetivo de lograr las características deseadas en el concreto fresco y endurecido.



En el documento ACI 211.1 resume el procedimiento de diseño de mezclas de concreto, en 9 pasos que son:

- ✓ Elección del revenimiento.
- ✓ Elección del tamaño máximo de agregado.
- ✓ Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire.
- ✓ Selección de la relación agua- cemento.
- ✓ Cálculo del contenido de cemento.
- ✓ Estimación del contenido de agregado grueso.
- ✓ Estimación del contenido de agregado fino.
- ✓ Ajuste por humedad del agregado.
- ✓ Ajustes en las mezclas de prueba.

DATOS DE LOS MATERIALES

• ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

	1/2"	3/4"	1"
Absorción A. Fino (%)	1.64		
Absorción A. Grueso (%)	0.80	0.60	0.60
Absorción 20% A. Reciclado (%)	2.10	1.98	1.85
Absorción 40% A. Reciclado (%)	3.40	3.36	3.10
Absorción 60% A. Reciclado (%)	4.70	4.74	4.34
Absorción 100% A. Reciclado (%)	7.30	7.49	6.84

Tabla N° 57 Absorción de los agregados

• CONTENIDO DE HUMEDAD

	1/2"	3/4"	1"
A. Fino	0.13		
A. Grueso	0.08	0.08	0.08
A. 20% A. Reciclado	0.13	0.13	0.13
A. 40% A. Reciclado	0.18	0.18	0.18
A. 60% A. Reciclado	0.22	0.22	0.22
A. 100% A. Reciclado	0.32	0.32	0.32

Tabla N° 58 Contenido de humedad de los agregados



- PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**

	P.U. Suelto / P.U. Compactado		
	1/2"	3/4"	1"
A. Fino	2.16/2.31		
A. Grueso Natural	1.77/1.90	1.81/1.95	1.92/2.06
A. Reciclado 20% (gr/cm ³)	1.72/1.85	1.76/1.90	1.84/1.99
A. Reciclado 40% (gr/cm ³)	1.67/1.81	1.71/1.86	1.77/1.92
A. Reciclado 60% (gr/cm ³)	1.63/1.76	1.67/1.81	1.69/1.85
A. Reciclado 100% (gr/cm ³)	1.53/1.66	1.57/1.71	1.55/1.70

Tabla N° 59 Peso unitario de los agregados

- TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE LOS AGREGADOS**

	1/2"	3/4"	1"
TMN	3/4"	1"	1 1/2"

Tabla N° 60 Tamaño máximo nominal de los agregados

- MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS**

	1/2"	3/4"	1"
M.F. Fino	2.56		
M.F. Grueso Natural	7.00	7.00	7.00
M.F. Grueso Reciclado 20%	6.99	6.99	7.00
M.F. Grueso Reciclado 40%	6.98	6.98	6.99
M.F. Grueso Reciclado 60%	6.96	6.97	6.99
M.F. Grueso Reciclado 100%	6.94	6.95	6.98

Tabla N° 61 Módulo de fineza de los agregados

- PESO ESPECÍFICO**

	1/2"	3/4"	1"
P.E. Cemento (gr/cm ³)	3.11		
P.E. Fino	2.66		
P.E. A. Natural	2.61	2.56	2.59
P.E. 20% A.R.	2.58	2.54	2.57
P.E. 40% A.R.	2.56	2.52	2.55
P.E. 60% A.R.	2.53	2.50	2.53
P.E. 100% A.R.	2.49	2.46	2.48

Tabla N° 62 Peso específico de los agregados



- **CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'_{cr})**

Existen dos criterios para calcular la resistencia promedio, cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra y cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar, como no tenemos datos por ser un trabajo de investigación, usaremos el segundo criterio para todos los diseños.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 20$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$20 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.5$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$

Tabla N° 63 Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Fuente: ACI 318.05 - Tabla 5.3.2.2. o Norma E.060

Para nuestra investigación usaremos $20 \leq f'_c \leq 35$ ya que la resistencia de nuestro diseño es de $210 \text{ kg/cm}^2 = 20.594 \text{ Mpa}$.

$$f'_{cr} = 210 + 86.68$$
$$f'_{cr} = 296.68 \text{ kg/cm}^2$$

- **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

El concreto se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre 3 y 4 pulgadas (75mm a 100mm) si la consolidación es por vibración; y de 5 pulgadas o menos (125mm o menos) si la compactación es por varillado. (Rivva López, 1992)

Para todas las resistencias y grupos, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, por lo tanto, se considera el siguiente asentamiento:



Asentamiento= 3" a 4"

• **CANTIDAD DE AGUA**

La selección del volumen unitario de agua se hace de acuerdo a la tabla 6.3.3. Requisitos aproximados de mezcla de agua y aire para diferentes Slump's y tamaños nominales máximos de agregados.

<i>Agua, en l/m³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados</i>								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<i>Concreto Sin Aire Incorporado</i>								
1" a 2"	207.00	199.00	190.00	179.00	166.00	154.00	130.00	113.00
3" a 4"	228.00	216.00	205.00	193.00	181.00	169.00	145.00	124.00
6" a 7"	243.00	228.00	216.00	202.00	190.00	178.00	160.00	
<i>Concreto Con Aire Incorporado</i>								
1" a 2"	181.00	175.00	168.00	160.00	150.00	142.00	122.00	107.00
3" a 4"	202.00	193.00	184.00	175.00	165.00	157.00	133.00	199.00
6" a 7"	216.00	205.00	197.00	184.00	174.00	166.00	154.00	

Tabla N° 64 Selección de volumen unitario de agua para agregado de 1/2".

<i>Agua, en l/m³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados</i>								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<i>Concreto Sin Aire Incorporado</i>								
1" a 2"	207.00	199.00	190.00	179.00	166.00	154.00	130.00	113.00
3" a 4"	228.00	216.00	205.00	193.00	181.00	169.00	145.00	124.00
6" a 7"	243.00	228.00	216.00	202.00	190.00	178.00	160.00	
<i>Concreto Con Aire Incorporado</i>								
1" a 2"	181.00	175.00	168.00	160.00	150.00	142.00	122.00	107.00
3" a 4"	202.00	193.00	184.00	175.00	165.00	157.00	133.00	199.00
6" a 7"	216.00	205.00	197.00	184.00	174.00	166.00	154.00	

Tabla N° 65 Selección de volumen unitario de agua para agregado de 3/4".

<i>Agua, en l/m³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados</i>								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<i>Concreto Sin Aire Incorporado</i>								
1" a 2"	207.00	199.00	190.00	179.00	166.00	154.00	130.00	113.00
3" a 4"	228.00	216.00	205.00	193.00	181.00	169.00	145.00	124.00
6" a 7"	243.00	228.00	216.00	202.00	190.00	178.00	160.00	
<i>Concreto Con Aire Incorporado</i>								
1" a 2"	181.00	175.00	168.00	160.00	150.00	142.00	122.00	107.00
3" a 4"	202.00	193.00	184.00	175.00	165.00	157.00	133.00	199.00
6" a 7"	216.00	205.00	197.00	184.00	174.00	166.00	154.00	

Tabla N° 66 Selección de volumen unitario de agua para agregado de 1".

	1/2"	3/4"	1"
Cantidad de agua (lt/m ³)	216.00	205.00	193.00

Tabla N° 67 Cantidad de agua

"APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

Bach. Ing. Civil Keyth Dany Tarazona Beraún



- **CONTENIDO DE AIRE**

TAM. MÁX. NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Tabla N° 68 Contenido de aire atrapado

Fuente: (Rivva López, 1992) Tabla 11.2.1

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"	3/4"	1"
Contenido de aire (%)	2.50	2.00	1.50

Tabla N° 69 Contenido de aire

- **RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)**

La relación agua/cemento es la misma para los tres diseños, independientemente del tamaño de los agregados, solo depende de la resistencia promedio del concreto.

f _{cr} (kg/cm ²) (28 días)	Relación de agua-cemento de diseño en peso	
	Conc. Sin Aire Incorporado	Conc. Con Aire Incorporado
150.00	0.80	0.71
200.00	0.70	0.61
250.00	0.62	0.53
300.00	0.55	0.46
350.00	0.48	0.40
400.00	0.43	-
450.00	0.38	-

Tabla N° 70 Relación agua/cemento

Fuente: ACI 318.05 - Tabla 6.3.4 (a)

Como nuestra f_{cr}= 296.68 kg/cm² y no existe el valor en la tabla anterior, se tiene que interpolar:

250.00	-----	0.62	
296.68	-----	X	→ X = 0.555
300.00	-----	0.55	



- **FACTOR CEMENTO**

Se obtiene dividiendo el agua necesaria entre la relación a/c, la cantidad de cemento en bolsas, luego se divide el factor cemento entre el peso de la bolsa del cemento para obtener el nro de bolsas.

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"	3/4"	1"
Factor Cemento (kg)	389.20	369.38	347.76
Cemento (Bls)	9.16	8.69	8.18

Tabla N° 71 Factor cemento

- **VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA**

Se determina el volumen absoluto de la pasta, sumando el volumen del cemento, agua y aire para cada resistencia. Se determina el volumen unitario de cada uno de los componentes de la pasta. Considerando el factor cemento, el agua y el contenido de aire.

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{PE Cemento} \times 1000}$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Cant. de agua} \times 1000}$$

$$\text{Aire} = \frac{\text{Contenido de aire}}{100}$$

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA (1/2")			
Factor Cemento (kg)	389.20	3.11	0.13
Agua (Lt)	216.00	1.00	0.22
Aire (%)	2.50	100.00	0.03
Vol. De la Pasta			0.37

Tabla N° 72 Volumen absoluto de la pasta (1/2")

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA (3/4")			
Factor Cemento (kg)	369.38	3.11	0.12
Agua (Lt)	205.00	1.00	0.21
Aire (%)	2.00	100.00	0.02
Vol. De la Pasta			0.34

Tabla N° 73 Volumen absoluto de la pasta (3/4")



VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA (1")			
Factor Cemento (kg)	347.76	3.11	0.11
Agua (Lt)	193.00	1.00	0.19
Aire (%)	1.50	100.00	0.02
Vol. De la Pasta			0.32

Tabla N° 74 Volumen absoluto de la pasta (1")

- VOLUMEN DE AGREGADOS**

Se obtiene al restar 1 menos el volumen de la pasta Se considera 1, porque la selección de proporciones del concreto se efectúa para 1m³.

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"	3/4"	1"
Volumen absoluto de los agregados	0.63	0.66	0.68

Tabla N° 75 Volumen de los agregados

- MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS**

Para el cálculo del módulo de fineza, se puede realizar de dos maneras, según el ACI usando la tabla A1.5.3.6. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto o Usando la tabla confeccionada por Stanton Walker.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas por m ³ indicados			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Tabla N° 76 Módulo de fineza de la combinación de agregados



Como podemos apreciar en la tabla, no se precisan los valores de la cantidad de bolsas de cemento obtenidos durante el cálculo del factor cemento, es por eso que se tiene que interpolar dichos valores y se tienen los siguientes:

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"	3/4"	1"
Módulo de fineza	4.62	5.17	5.42

Tabla N° 77 Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m³ indicados.

- **PORCENTAJE DE INTERVENCIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO**

Se usarán las siguientes fórmulas cuando se tengan agregados naturales puros:

$$r_f + r_g = 1$$

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} (100)$$

Dónde:

- rf : Valor que representa el porcentaje de agregado fino.
- rg : Valor que representa el porcentaje de agregado grueso.
- mg : Módulo de fineza del agregado grueso.
- mf : Módulo de fineza del agregado fino.
- m : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Cuando se tengan incorporaciones de agregados reciclados, se usarán las siguientes fórmulas:

$$r_f + r_g = 1$$

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_{gr} - m_f} (100)$$

Dónde:



- rf : Valor que representa el porcentaje de agregado fino.
 rg : Valor que representa el porcentaje de agregado grueso.
 mgr : Módulo de fineza del agregado grueso con % de reciclado
 mf : Módulo de fineza del agregado fino.
 m : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

AGREG.1/2"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100%AR
mg	7.00	6.99	6.98	6.97	6.94
mf	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
m	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62
rf	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
rg	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

Tabla N° 78 Porcentaje de intervención del agregado grueso y agregado fino (1/2")

AGREG.3/4"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100%AR
mg	7.00	6.99	6.98	6.97	6.96
mf	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
m	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17
rf	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
rg	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59

Tabla N° 79 Porcentaje de intervención del agregado grueso y agregado fino (3/4")

AGREG. 1"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100%AR
mg	7.00	7.00	6.99	6.99	6.98
mf	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
m	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42
rf	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
rg	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

Tabla N° 80 Porcentaje de intervención del agregado grueso y agregado fino (1")

• CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS

El cálculo del volumen de los agregados se realiza usando rf y rg para proporcionar cada agregado según estos valores con el volumen absoluto de los agregados:



PROPORC. AGREG. 1/2"		rf y rg		Vol A.F. y A.G.	Vol. Absoluto
0% AR	Vol. A. Fino	rf	0.53	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.47	0.29	
20% AR	Vol. A. Fino	rf	0.53	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.47	0.30	
40% AR	Vol. A. Fino	rf	0.53	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.47	0.30	
60% AR	Vol. A. Fino	rf	0.53	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.47	0.30	
100%AR	Vol. A. Fino	rf	0.53	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.47	0.30	

Tabla N° 81 Volumen absoluto de los agregados (1/2")

PROPORC. AGREG. 3/4"		rf y rg		Vol A.F. y A.G.	Vol. Absoluto
0% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27	0.66
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39	
20% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27	0.66
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39	
40% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27	0.66
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39	
60% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27	0.66
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39	
100%AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27	0.66
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39	

Tabla N° 82 Volumen absoluto de los agregados (3/4")

PROPORC. AGREG. 1"		rf y rg		Vol A.F. y A.G.	Vol. Absoluto
0% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24	0.68
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44	
20% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24	0.68
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44	
40% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24	0.68
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44	
60% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24	0.68
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44	
100%AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24	0.68
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44	

Tabla N° 83 Volumen absoluto de los agregados (1")



- PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS**

Para determinar el peso por unidad cubica de los agregados, se tiene que multiplicar el volumen por el peso específico de cada condición:

PROPORC. AGREG. 1/2"	Tipo de Agregado	Vol. A.F. y A.G.	Peso Especifico	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	0.34	2.66	902.37
	A. Grueso	0.29	2.61	769.26
20% AR	A. Fino	0.34	2.66	900.38
	A. Grueso	0.30	2.58	763.90
40% AR	A. Fino	0.34	2.66	898.38
	A. Grueso	0.30	2.56	758.52
60% AR	A. Fino	0.34	2.66	896.37
	A. Grueso	0.30	2.53	753.10
100%AR	A. Fino	0.34	2.66	892.33
	A. Grueso	0.30	2.49	742.19

Tabla N° 84 Pesos secos de los agregados (1/2")

PROPORC. AGREG. 3/4"	Tipo de Agregado	Vol. A.F. y A.G.	Peso Especifico	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	0.27	2.66	720.44
	A. Grueso	0.39	2.56	987.24
20% AR	A. Fino	0.27	2.66	718.50
	A. Grueso	0.39	2.54	981.68
40% AR	A. Fino	0.27	2.66	716.55
	A. Grueso	0.39	2.52	976.11
60% AR	A. Fino	0.27	2.66	714.60
	A. Grueso	0.39	2.50	970.51
100%AR	A. Fino	0.27	2.66	710.67
	A. Grueso	0.39	2.46	959.25

Tabla N° 85 Pesos secos de los agregados (3/4")



PROPORC. AGREG. 1"	Tipo de Agregado	Vol. A.F. y A.G.	Peso Especifico	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	0.24	2.66	641.74
	A. Grueso	0.44	2.59	1,138.23
20% AR	A. Fino	0.24	2.66	640.57
	A. Grueso	0.44	2.57	1,129.74
40% AR	A. Fino	0.24	2.66	639.40
	A. Grueso	0.44	2.55	1,121.24
60% AR	A. Fino	0.24	2.66	638.23
	A. Grueso	0.44	2.53	1,112.72
100%AR	A. Fino	0.24	2.66	635.88
	A. Grueso	0.44	2.48	1,095.63

Tabla N° 86 Pesos secos de los agregados (1")

• **VALORES DE DISEÑO PRELIMINAR**

AGREG. DE 1/2"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	389.20	389.20	389.20	389.20	389.20
Agua	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00
A. Fino	902.37	900.38	898.38	896.37	892.33
A. Grueso	769.26	763.90	758.52	753.10	742.19

Tabla N° 87 Valores de diseño preliminar (1/2")

AGREG. DE 3/4"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	369.38	369.38	369.38	369.38	369.38
Agua	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00
A. Fino	720.44	718.50	716.55	714.60	710.67
A. Grueso	987.24	981.68	976.11	970.51	959.25

Tabla N° 88 Valores de diseño preliminar (3/4")

AGREG. DE 1"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	347.76	347.76	347.76	347.76	347.76
Agua	193.00	193.00	193.00	193.00	193.00
A. Fino	641.74	640.57	639.40	638.23	635.88
A. Grueso	1,138.23	1,129.74	1,121.24	1,112.72	1,095.63

Tabla N° 89 Valores de diseño preliminar (1")



• CORRECCIONES POR HUMEDAD

Para realizar la corrección por humedad primero hace falta desagregar la cantidad de agregado natural y la cantidad de agregado reciclado en el agregado grueso.

PROPORC. AGREG. 1/2"	Tipo de Agregado	Pesos Secos (Kg)	Desagregado	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	902.37	A. Fino	902.37
	A. Grueso	769.26	A. Natural	769.26
			A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	900.38	A. Fino	900.38
	A. Grueso	763.90	A. Natural	611.12
			A. Reciclado	152.78
40% AR	A. Fino	898.38	A. Fino	898.38
	A. Grueso	758.52	A. Natural	455.11
			A. Reciclado	303.41
60% AR	A. Fino	896.37	A. Fino	896.37
	A. Grueso	753.10	A. Natural	301.24
			A. Reciclado	451.86
100% AR	A. Fino	892.33	A. Fino	892.33
	A. Grueso	742.19	A. Natural	0.00
			A. Reciclado	742.19

Tabla N° 90 Desagregado de los finos, gruesos y reciclados (1/2")

PROPORC. AGREG. 3/4"	Tipo de Agregado	Pesos Secos (Kg)	Desagregado	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	720.44	A. Fino	720.44
	A. Grueso	987.24	A. Natural	987.24
			A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	718.50	A. Fino	718.50
	A. Grueso	981.68	A. Natural	785.34
			A. Reciclado	196.34
40% AR	A. Fino	716.55	A. Fino	716.55
	A. Grueso	976.11	A. Natural	585.66
			A. Reciclado	390.44
60% AR	A. Fino	714.60	A. Fino	714.60
	A. Grueso	970.51	A. Natural	388.20
			A. Reciclado	582.31
100% AR	A. Fino	710.67	A. Fino	710.67
	A. Grueso	959.25	A. Natural	0.00
			A. Reciclado	959.25

Tabla N° 91 Desagregado de los finos, gruesos y reciclados (3/4")



PROPORC. AGREG. 1"	Tipo de Agregado	Pesos Secos (Kg)	Desagregado	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	641.74	A. Fino	641.74
	A. Grueso	1,138.23	A. Natural	1,138.23
			A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	640.57	A. Fino	640.57
	A. Grueso	1,129.74	A. Natural	903.79
			A. Reciclado	225.95
40% AR	A. Fino	639.40	A. Fino	639.40
	A. Grueso	1,121.24	A. Natural	672.74
			A. Reciclado	448.50
60% AR	A. Fino	638.23	A. Fino	638.23
	A. Grueso	1,112.72	A. Natural	445.09
			A. Reciclado	667.63
1000% AR	A. Fino	635.88	A. Fino	635.88
	A. Grueso	1,095.63	A. Natural	0.00
			A. Reciclado	1,095.63

Tabla N° 92 Desagregado de los finos, gruesos y reciclados (1")

PROPORC. AGREG. 1/2"	Tipo de Agreg. Desagregado	Pesos Secos(Kg)	Absorción	Cont. Hum.	Aporte de Agua
0% AR	A. Fino	902.37	1.64	0.13	-13.63
	A. Natural	769.26	0.80	0.08	-5.55
	A. Reciclado	0.00	7.30	0.32	0.00
20% AR	A. Fino	900.38	1.64	0.13	-13.60
	A. Natural	611.12	0.80	0.08	-4.41
	A. Reciclado	152.78	7.30	0.32	-10.66
40% AR	A. Fino	898.38	1.64	0.13	-13.57
	A. Natural	455.11	0.80	0.08	-3.28
	A. Reciclado	303.41	7.30	0.32	-21.18
60% AR	A. Fino	896.37	1.64	0.13	-13.54
	A. Natural	301.24	0.80	0.08	-2.17
	A. Reciclado	451.86	7.30	0.32	-31.54
1000% AR	A. Fino	892.33	1.64	0.13	-13.48
	A. Natural	0.00	0.80	0.08	0.00
	A. Reciclado	742.19	7.30	0.32	-51.80

Tabla N° 93 Aporte de agua (1/2")



PROPORC. AGREG. 3/4"	Tipo de Agreg. Desagregado	Pesos Secos(Kg)	Absorción	Cont. Hum.	Aporte de Agua
0% AR	A. Fino	720.44	1.64	0.13	-10.88
	A. Natural	987.24	0.60	0.08	-5.13
	A. Reciclado	0.00	7.49	0.32	0.00
20% AR	A. Fino	718.50	1.64	0.13	-10.85
	A. Natural	785.34	0.60	0.08	-4.08
	A. Reciclado	196.34	7.49	0.32	-14.09
40% AR	A. Fino	716.55	1.64	0.13	-10.82
	A. Natural	585.66	0.60	0.08	-3.04
	A. Reciclado	390.44	7.49	0.32	-28.03
60% AR	A. Fino	714.60	1.64	0.13	-10.79
	A. Natural	388.20	0.60	0.08	-2.02
	A. Reciclado	582.31	7.49	0.32	-41.80
1000% AR	A. Fino	710.67	1.64	0.13	-10.73
	A. Natural	0.00	0.60	0.08	0.00
	A. Reciclado	959.25	7.49	0.32	-68.86

Tabla N° 94 Aporte de agua (3/4")

PROPORC. AGREG. 1"	Tipo de Agreg. Desagregado	Pesos Secos(Kg)	Absorción	Cont. Hum.	Aporte de Agua
0% AR	A. Fino	641.74	1.64	0.13	-9.69
	A. Natural	1,138.23	0.60	0.08	-5.90
	A. Reciclado	0.00	6.84	0.32	0.00
20% AR	A. Fino	640.57	1.64	0.13	-9.68
	A. Natural	903.79	0.60	0.08	-4.68
	A. Reciclado	225.95	6.84	0.32	-14.73
40% AR	A. Fino	639.40	1.64	0.13	-9.66
	A. Natural	672.74	0.60	0.08	-3.49
	A. Reciclado	448.50	6.84	0.32	-29.25
60% AR	A. Fino	638.23	1.64	0.13	-9.64
	A. Natural	445.09	0.60	0.08	-2.31
	A. Reciclado	667.63	6.84	0.32	-43.54
1000% AR	A. Fino	635.88	1.64	0.13	-9.60
	A. Natural	0.00	0.60	0.08	0.00
	A. Reciclado	1,095.63	6.84	0.32	-71.45

Tabla N° 95 Aporte de agua (1")



PROPORC. AGREG. 1/2"	Agregado	Pesos Secos	Cont. Hum.	Peso Húm.	Aport Agua	Agua real
0% AR	A. Fino	902.37	0.13	903.57	-19.18	235.18
	A. Natural	769.26	0.08	769.90		
	A. Reciclado	0.00	0.32	0.00		
20% AR	A. Fino	900.38	0.13	901.58	-28.67	244.67
	A. Natural	611.12	0.08	611.63		
	A. Reciclado	152.78	0.32	153.26		
40% AR	A. Fino	898.38	0.13	899.58	-38.03	254.03
	A. Natural	455.11	0.08	455.49		
	A. Reciclado	303.41	0.32	304.37		
60% AR	A. Fino	896.37	0.13	897.57	-47.25	263.25
	A. Natural	301.24	0.08	301.49		
	A. Reciclado	451.86	0.32	453.29		
1000% AR	A. Fino	892.33	0.13	893.52	-65.28	281.28
	A. Natural	0.00	0.08	0.00		
	A. Reciclado	742.19	0.32	744.54		

Tabla N° 96 Aporte de agua real (1/2")

PROPORC. AGREG. 3/4"	Agregado	Pesos Secos	Cont. Hum.	Peso Húm.	Aport Agua	Agua real
0% AR	A. Fino	720.44	0.13	721.40	-16.01	221.01
	A. Natural	987.24	0.08	988.06		
	A. Reciclado	0.00	0.32	0.00		
20% AR	A. Fino	718.50	0.13	719.46	-29.02	234.02
	A. Natural	785.34	0.08	786.00		
	A. Reciclado	196.34	0.32	196.96		
40% AR	A. Fino	716.55	0.13	717.51	-41.89	246.89
	A. Natural	585.66	0.08	586.15		
	A. Reciclado	390.44	0.32	391.68		
60% AR	A. Fino	714.60	0.13	715.55	-54.61	259.61
	A. Natural	388.20	0.08	388.53		
	A. Reciclado	582.31	0.32	584.15		
1000% AR	A. Fino	710.67	0.13	711.62	-79.59	284.59
	A. Natural	0.00	0.08	0.00		
	A. Reciclado	959.25	0.32	962.29		

Tabla N° 97 Aporte de agua real (3/4")



PROPORC. AGREG. 1"	Agregado	Pesos Secos	Cont. Hum.	Peso Húm.	Aport Agua	Agua real
0% AR	A. Fino	641.74	0.13	642.59	-15.59	208.59
	A. Natural	1,138.23	0.08	1,139.17		
	A. Reciclado	0.00	0.32	0.00		
20% AR	A. Fino	640.57	0.13	641.42	-29.09	222.09
	A. Natural	903.79	0.08	904.54		
	A. Reciclado	225.95	0.32	226.66		
40% AR	A. Fino	639.40	0.13	640.26	-42.39	235.39
	A. Natural	672.74	0.08	673.30		
	A. Reciclado	448.50	0.32	449.91		
60% AR	A. Fino	638.23	0.13	639.08	-55.48	248.48
	A. Natural	445.09	0.08	445.46		
	A. Reciclado	667.63	0.32	669.74		
1000% AR	A. Fino	635.88	0.13	636.73	-81.05	274.05
	A. Natural	0.00	0.08	0.00		
	A. Reciclado	1,095.63	0.32	1,099.09		

Tabla N° 98 Aporte de agua real (1")

• PROPORCIONES FINALES

En las siguientes tablas se presentan los resultados en Kg y Lt.

AGREG. DE 1/2"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	389.20	389.20	389.20	389.20	389.20
Agua	235.18	244.67	254.03	263.25	281.28
A. Fino	903.57	901.58	899.58	897.57	893.52
A. Grueso Nat.	769.90	611.63	455.49	301.49	0.00
A. Grueso Reciclad.	0.00	153.26	304.37	453.29	744.54

Tabla N° 99 Proporciones finales en kg. y lt. (1/2")

AGREG. DE 3/4"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	369.38	369.38	369.38	369.38	369.38
Agua	221.01	234.02	246.89	259.61	284.59
A. Fino	721.40	719.46	717.51	715.55	711.62
A. Grueso Natural	988.06	786.00	586.15	388.53	0.00
A. Grueso Reciclad.	0.00	196.96	391.68	584.15	962.29

Tabla N° 100 Proporciones finales en kg. y lt. (3/4")



AGREG. DE 1"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	347.76	347.76	347.76	347.76	347.76
Agua	208.59	222.09	235.39	248.48	274.05
A. Fino	642.59	641.42	640.26	639.08	636.73
A. Grueso Natural	1,139.17	904.54	673.30	445.46	0.00
A. Grueso Reciclad.	0.00	226.66	449.91	669.74	1,099.09

Tabla N° 101 Proporciones finales en kg. y lt. (1")

En las siguientes tablas se presentan los resultados en Proporción y Lt.

AGREG. DE 1/2"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agua	25.68	26.72	27.74	28.75	30.72
A. Fino	2.32	2.32	2.31	2.31	2.30
A. Grueso Natural	1.98	1.57	1.17	0.77	0.00
A. Grueso Reciclad.	0.00	0.39	0.78	1.16	1.91

Tabla N° 102 Proporciones finales en proporción y lt. (1/2")

AGREG. DE 3/4"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agua	25.43	26.93	28.41	29.87	32.74
A. Fino	1.95	1.95	1.94	1.94	1.93
A. Grueso Natural	2.67	2.13	1.59	1.05	0.00
A. Grueso Reciclad.	0.00	0.53	1.06	1.58	2.61

Tabla N° 103 Proporciones finales en proporción y lt. (3/4")

AGREG. DE 1"	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
Cemento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agua	25.49	27.14	28.77	30.37	33.49
A. Fino	1.85	1.84	1.84	1.84	1.83
A. Grueso Natural	3.28	2.60	1.94	1.28	0.00
A. Grueso Reciclad.	0.00	0.65	1.29	1.93	3.16

Tabla N° 104 Proporciones finales en proporción y lt. (1")

3.4.5. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

El procedimiento que se utilizó para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio está basado en la NTP

339.183. que se recomienda para fines de investigación en el ítem 3.2.4.

3.4.5.1. APARATOS

- **MOLDES**

Los moldes y las tapas para los especímenes de concreto deberán ser hechos de acero, fierro fundido u otro material no absorbente, no reactivo con el concreto que contiene cemento portland u otros cementos hidráulicos. Los moldes cumplirán con las dimensiones y tolerancias especificadas en cada norma utilizada. Los moldes mantendrán las dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso. La impermeabilidad de los moldes durante su utilización será juzgada por su capacidad de retener el agua contenida en ellos.

Para fines de nuestra investigación se utilizaron moldes cilíndricos de PVC de 6" x 12".



Figura N° 29 Moldes para especímenes de concreto.



- **VARILLAS DE COMPACTACIÓN**

Podrán emplearse dos tamaños de varilla en función de método de ensayo. Estas serán de acero, de sección circular recta y con el extremo de compactado redondeado a una punta semiesférica del mismo diámetro que la varilla.

Para nuestra investigación se utilizó una varilla larga de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm (24") de largo.

- **MARTILLO DE GOMA**

Pesará $0.6 \text{ kg} \pm 0.20 \text{ kg}$ ($1.25 \pm 0.50 \text{ lb}$).

- **RECIPIENTE DE MUESTREO Y MEZCLADO**

Si el mezclado es con mezcladora para recibir la tanda completa de descarga y permitir un remezclado en el recipiente con el cucharón o lampa.

En nuestra investigación se usó una carretilla tipo buggy.

- **MEZCLADORA DE CONCRETO**

Deberá ser accionada a motor y constar de un tambor giratorio, mezclador vertical o inclinado o un recipiente para mezclado adecuado o una mezcladora con paleta giratoria.

Para nuestra investigación usamos una mezcladora accionada a motor con tambor giratorio.



3.4.5.2. ESPECÍMENES

- **ESPECÍMENES CILÍNDRICOS**

Los cilindros para ensayo de dimensiones deberán ser los establecidos en el método de la especificación, método de ensayo, o la práctica para los estudios de laboratorio que se realizan.

- **TAMAÑO DEL ESPÉCIMEN VERSUS TAMAÑO DEL AGREGADO**

El diámetro de un espécimen cilíndrico o la mínima dimensión de la sección rectangular transversal debe ser por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso en el concreto como está definido en la NTP 339.047.

Para nuestra investigación se moldearán especímenes de 6" x 12", que cumple la condición antes mencionada.

3.4.5.3. PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

- **TEMPERATURA**

Antes de mezclar el concreto, los materiales deberán encontrarse a la temperatura ambiente, preferentemente en el rango de 20 °C a 30 °C (68 °F a 86 °F), a menos que se especifique de otra manera



Figura N° 30 Almacenamiento y preparación de materiales.

- **CEMENTO**

Almacenar el cemento en un lugar seco, en recipientes a prueba de humedad.

- **AGREGADOS**

Para evitar la segregación del agregado grueso, separar las fracciones individuales de tamaño conveniente y para cada tanda recombinar en las proporciones adecuadas para producir la gradación deseada.

3.4.5.4. PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO

Mezclar el concreto en una mezcladora adecuada o a mano, en tandas de tal tamaño que permitan un 10% de exceso después del moldeado de los especímenes de prueba. Es importante no variar la secuencia de mezclado y procedimientos entre tandas a menos que los efectos de dicha variación estén bajo estudio.



- **MEZCLADO A MÁQUINA**

Previo al inicio de rotación de la mezcladora, añadir el agregado grueso, una parte del agua de mezcla y el aditivo en solución, cuando se requiera, poner a funcionar la mezcladora, luego adicionar el agregado fino, el cemento y agua con la mezcladora en funcionamiento. Luego que todos los ingredientes estén en la mezcladora, mezclar el concreto durante 3 min seguido por 3 min de reposo y luego 2 min finales de mezclado. Cubrir la parte abierta o superior de la mezcladora para evitar la evaporación durante el periodo de reposo. Tomar todas las precauciones para compensar el mortero retenido por la mezcladora de tal manera que la tanda descargada este correctamente proporcionada. Para eliminar la segregación, colocar el concreto mezclado en un recipiente limpio y húmedo y remezclar con lampa o cucharon hasta uniformizar.



Figura N° 31 Mezclado con máquina.



- **CONCRETO MEZCLADO**

Seleccionar las porciones de la tanda de concreto mezclado a ser usadas para moldear especímenes de tal manera que sean representativas de las proporciones actuales y la condición de concreto.



Figura N° 32 Tanda de concreto mezclado.

3.4.5.5. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

- **LUGAR DEL MOLDEO**

Moldear los especímenes tan cerca como sea posible del lugar donde se almacenarán las primeras 24 horas. Si no es posible moldear las muestras donde serán almacenadas, se deberán trasladar al lugar de almacenamiento inmediatamente después de ser obtenidas. Colocar los moldes sobre una superficie rígida libre de vibraciones y otras perturbaciones. Evitar todo tipo de choque,



golpe o inclinación de la superficie de las probetas mientras se mueven los especímenes al lugar de almacenamiento.

- **MOLDEO**

Colocar el concreto en los moldes utilizando un cucharón o lampa. Obtener cada cucharón o lampa colmada de concreto del recipiente de mezcla de tal manera que asegure que sea representativo de la tanda. Puede ser necesario remezclar el concreto en el recipiente con la lampa o cucharón para prevenir la segregación durante el moldeo de los especímenes. Mover el cucharón o lampa alrededor del borde superior del molde mientras el concreto es descargado con el fin de asegurar una distribución simétrica del concreto y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Además, se deberá distribuir bien el concreto con el uso de la varilla compactadora antes de que éste sea consolidado. En la capa final el operador deberá añadir la cantidad de concreto que llene exactamente el molde después de la compactación. No añadir muestras no representativas de concreto para terminar de llenar el molde.

- **NÚMERO DE CAPAS**

Preparar especímenes en capas de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:



Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)	Modo de consolidación	Número de capas de aproximadamente igual profundidad
Cilindros		
Diámetro en mm (pulg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico:		
Profundidad en mm (pulg)		
Hasta 200 (8)	varillado	2
Más de 200 (8)	varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Tabla N° 105 Número de capas requerida por espécimen.
Fuente: (NTP 339.183, 2013)

Para nuestra investigación se usó el molde de diámetro 6", por lo tanto, el número de capas es 3.



Figura N° 33 Preparado de especímenes por capas.

- **CONSOLIDACIÓN POR VARILLADO**

Colocar el concreto en el molde, el número de capas requerido de aproximadamente igual volumen. Varillar cada capa con el extremo



redondeado de la varilla usando el número de golpes y tamaño de la varilla especificadas en la siguiente tabla.

CILINDRO		
Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área Superficial superior del especimen cm ² (pulg ²)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	Una por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de superficie
320 (50) a más	16 (5/8)	una por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de superficie
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLÁSTICO		
Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Tabla N° 106 Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldear especímenes de prueba.

Fuente: (NTP 339.183, 2013)

Para nuestra investigación se usó una varilla de 5/8" y el número de golpes por capa es de 25.

Varillar la capa inferior en toda su profundidad, distribuir los golpes uniformemente sobre la sección del molde y para cada capa superior permita que la varilla penetre a través de la capa que está siendo varillada dentro de la capa inferior aproximadamente 25 mm (1"). Después de que cada capa es varillada, golpear los lados del molde suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma para cerrar cualquier espacio vacío producido por el varillado y para eliminar las burbujas grandes de aire que puedan haber quedado atrapadas.



Figura N° 34 Consolidación por varillado de los especímenes.

- **ACABADO**

Después de la consolidación, terminar la superficie enrasándola con la varilla de compactación o con una plancha de madera o paleta, donde la consistencia del concreto lo permita. Si se desea, se puede refrentar la superficie de los cilindros recién moldeados con una capa delgada de pasta de cemento portland.



Figura N° 35 Acabado de los especímenes.

3.4.5.6. CURADO

- **ALMACENAMIENTO INICIAL**

Para evitar la evaporación del agua del concreto no endurecido, los especímenes deberán cubrirse inmediatamente después de finalizado el moldeado, preferiblemente con un material no absorbente, no reactivo o con una lámina de plástico resistente, durable e impermeable. Los especímenes serán almacenados inmediatamente después del acabado hasta que se remuevan de los moldes para prevenir la pérdida de humedad. Seleccionar un procedimiento adecuado o una combinación de procedimientos que prevendrán la pérdida de humedad, absorción y reacción con el concreto.



Figura N° 36 Almacenamiento de los especímenes.

- **DESMOLDADO**

Desmoldar los especímenes después de $24h \pm 8h$ después del vaciado. Para concreto con tiempo de fraguado prolongado, los moldes no serán trasladados hasta $20 \pm 4h$ después de fraguado final. Si es necesario, determinar los tiempos de fraguado de acuerdo con la NTP 339.082



Figura N° 37 Desmoldado de los especímenes.



Figura N° 38 Especímenes desmoldados y rotulados.



- **AMBIENTE DE CURADO**

A menos que se especifique lo contrario, todos los especímenes deberán ser curados con humedad a temperatura de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, desde el tiempo de moldeo hasta el momento del ensayo. El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado se hará en un ambiente libre de vibración. Para los especímenes desmoldados, el curado húmedo significa que estos deberán estar superficialmente libres de agua durante todo el tiempo. La condición de curado se cumple usando cuartos húmedos o tanques de almacenamiento de agua de acuerdo con la NTP 334.077.



Figura N° 39 Curado de los especímenes.

3.4.6. ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO FRESCO

3.4.6.1. ASENTAMIENTO NTP 339.035

Una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco (Cono de Abrams), y se compacta por



varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto.



Figura N° 40 Medida de asentamiento durante ensayo en concreto fresco 1.



Figura N° 41 Medida de asentamiento durante ensayo en concreto fresco 2.



RESULTADOS OBTENIDOS

TAMAÑO GRAVA	ASENTAMIENTO PARA CADA PROPORCIÓN (mm)				
	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
AGREGADO 1/2"	44.00	39.00	38.00	34.00	31.00
AGREGADO 3/4"	43.00	38.00	38.00	33.00	30.00
AGREGADO 1"	45.00	40.00	37.00	34.00	30.00

Tabla N° 107 Asentamiento del concreto

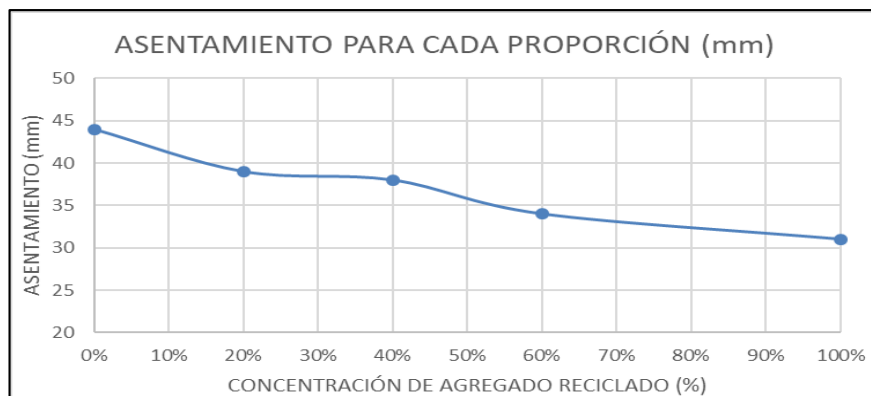


Gráfico N° 18 Curva de asentamiento para el agregado de 1/2".

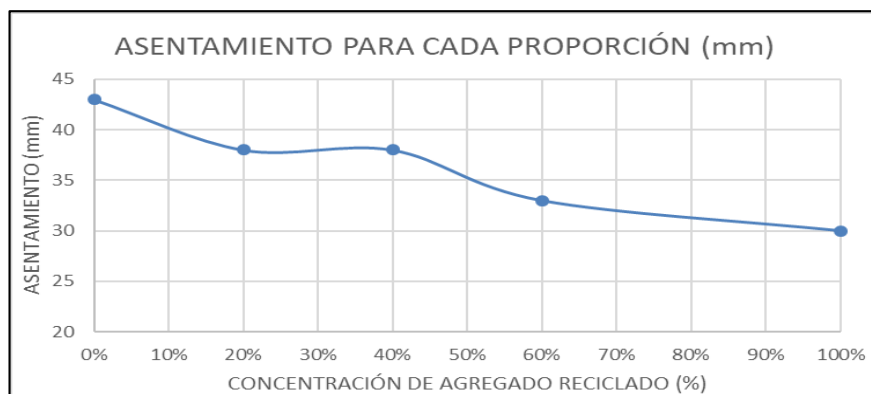


Gráfico N° 19 Curva de asentamiento para el agregado de 3/4".

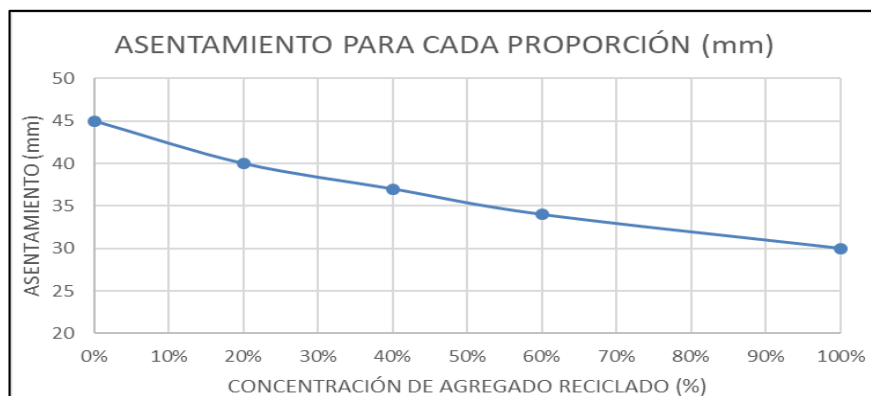


Gráfico N° 20 Curva de asentamiento para el agregado de 1".



INTERPRETACIÓN

Como se puede observar los asentamientos, las mezclas que no contienen agregado reciclado presentan asentamientos superiores a las 4" debido a que la absorción de los agregados reciclados es mucho mayor que la del agregado natural.

3.4.7. ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO ENDURECIDO

3.4.7.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El procedimiento que a continuación se describe está basado en la NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

- **MÁQUINA DE ENSAYO**

- ✓ La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga indicada más adelante.
- ✓ La máquina deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento. Si tiene una sola velocidad de carga, deberá estar provisto con un medio suplementario para cargar a una velocidad conveniente para su verificación.
- ✓ El espacio previsto para las probetas de ensayo será bastante grande para acomodar, en posición idónea, un dispositivo



elástico de calibración suficiente capacidad para cubrir el rango potencial de cargas de la máquina de ensayo.

- ✓ El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto de la máquina de ensayo no excederá $\pm 1,0$ % de la carga indicada.
- ✓ La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, una de las cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma. Las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3 % mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.



Figura N° 42 Máquina de ensayo.



- **PROBETAS O ESPECÍMENES**

- ✓ Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %.
- ✓ Antes del ensayo, ninguna base de las probetas de ensayo se apartarán de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° (aproximadamente equivalente a 1 en 100 mm). Las bases de compresión de las probetas que no sean planas dentro los 0,050 mm, serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se la permita, la NTP 339.216.



Figura N° 43 Registro de medidas de los especímenes.



- **PROCEDIMIENTO**

- ✓ Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

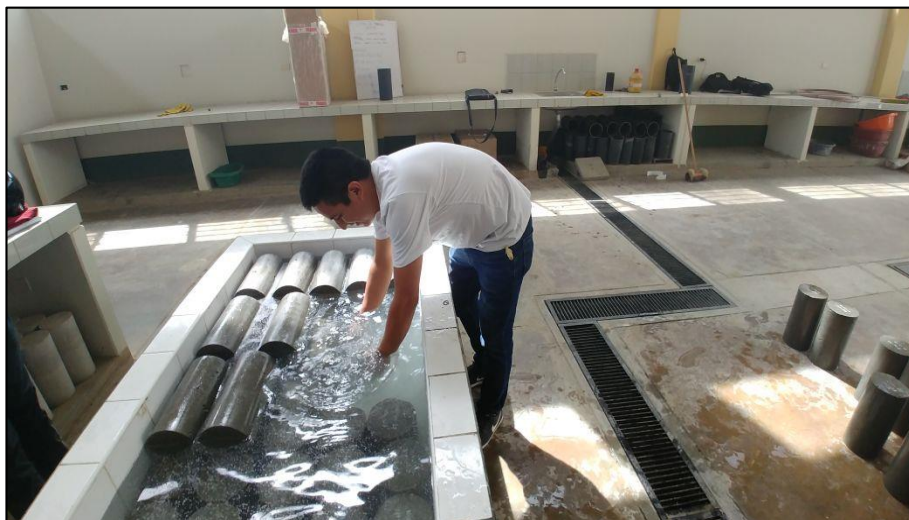


Figura N° 44 Retirado de curado de especímenes.

- ✓ Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.
- ✓ Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura.



Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.



Figura N° 45 Colocado de especímenes en la máquina de ensayo.

- ✓ Verificación del cero y asiento del bloque: Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero, ajustar el indicador. Como el bloque asentado sobre la rótula es aplicado sobre la probeta, rotar su porción móvil cuidadosamente con la mano a fin de que el asiento sea uniforme.
- ✓ Velocidad de carga: Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.
 - La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.



- Durante la aplicación de la 1ra. mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.
- No hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.



Figura N° 46 Ensayo propiamente dicho de los especímenes.

- ✓ Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido (Tipos del 1 al 4 en la Figura N° 02). Para una máquina de ensayo, el cierre automático de la máquina de ensayo está prohibido mientras la carga ha caído a un valor menor del 95 % de la carga máxima. Cuando se ensayan con capas de embonado, una fractura en la esquina



similar a los patrones tipos 5 o 6 mostrados en la Figura N° 02 puede ocurrir antes que la capacidad última del espécimen ha sido alcanzada. Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura de conformidad con la Figura N° 02, esquematizar y describir el patrón de fractura brevemente. Si la resistencia medida es menor a lo esperada, examinar la fractura del concreto y notar la evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas del agregado grueso, y verificar el refrentado.



Figura N° 47 Retirado de los especímenes ensayados.



Figura N° 48 Patrones de tipos de fracturas en especímenes ensayados 1.



Figura N° 49 Patrones de tipos de fracturas en especímenes ensayados 2.



Figura N° 50 Patrones de tipos de fracturas en especímenes ensayados 3.



Figura N° 51 Patrones de tipos de fracturas en especímenes ensayados 4.

• CÁLCULOS

- ✓ Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa.
- ✓ Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1.75 o menor, corregir el resultado obtenido por un apropiado factor de corrección mostrado en la siguiente tabla:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

• RESULTADOS

PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA 29 DÍAS $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - AGREGADO 1/2"	
CONCENTRACIÓN DE AGREGADO RECICLADO	PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA
0% DE AGREG. RECICLADO	109.68%
20% DE AGREG. RECICLADO	109.26%
40% DE AGREG. RECICLADO	94.24%
60% DE AGREG. RECICLADO	88.48%

Tabla N° 108 Porcentaje promedio de resistencia 29 días $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -
Agregado 1/2"

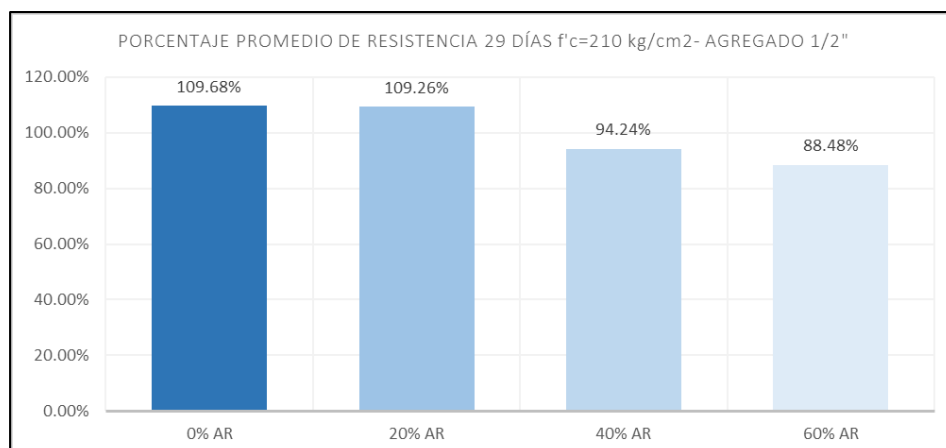


Gráfico N° 21 Porcentaje promedio de resistencia 29 días, $f'c=210$ kg/cm² – Agregado 1/2"

PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA 29 DÍAS $f'c=210$ kg/cm ² - AGREGADO 3/4"	
CONCENTRACIÓN DE AGREGADO RECICLADO	PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA
0% DE AGREG. RECICLADO	107.22%
20% DE AGREG. RECICLADO	103.92%
40% DE AGREG. RECICLADO	98.81%
60% DE AGREG. RECICLADO	88.57%

Tabla N° 109 Porcentaje promedio de resistencia 29 días $f'c=210$ kg/cm²- Agregado 3/4"

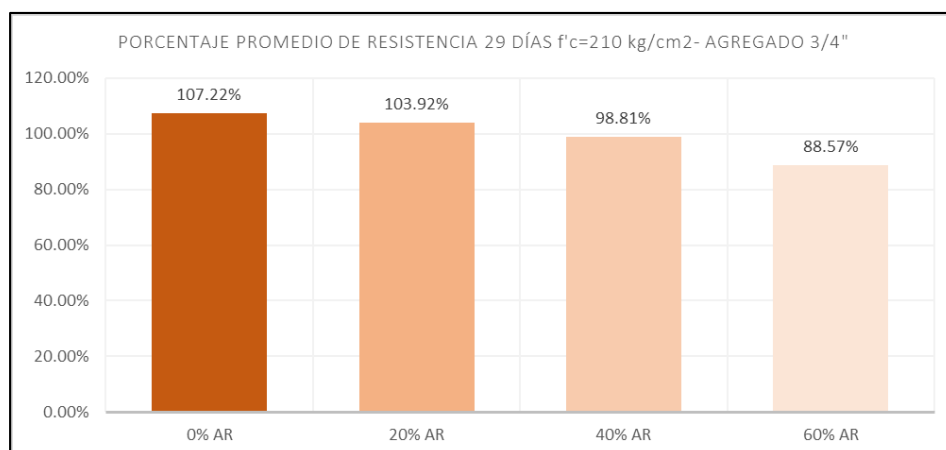


Gráfico N° 22 Porcentaje promedio de resistencia 29 días, $f'c=210$ kg/cm² – Agregado 3/4"



PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA 29 DÍAS $f'c=210$ kg/cm ² - AGREGADO 1"	
CONCENTRACIÓN DE AGREGADO RECICLADO	PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA
0% DE AGREG. RECICLADO	105.93%
20% DE AGREG. RECICLADO	100.40%
40% DE AGREG. RECICLADO	98.98%
60% DE AGREG. RECICLADO	85.44%

Tabla N° 110 Porcentaje promedio de resistencia 29 días $f'c=210$ kg/cm²-
Agregado 1"

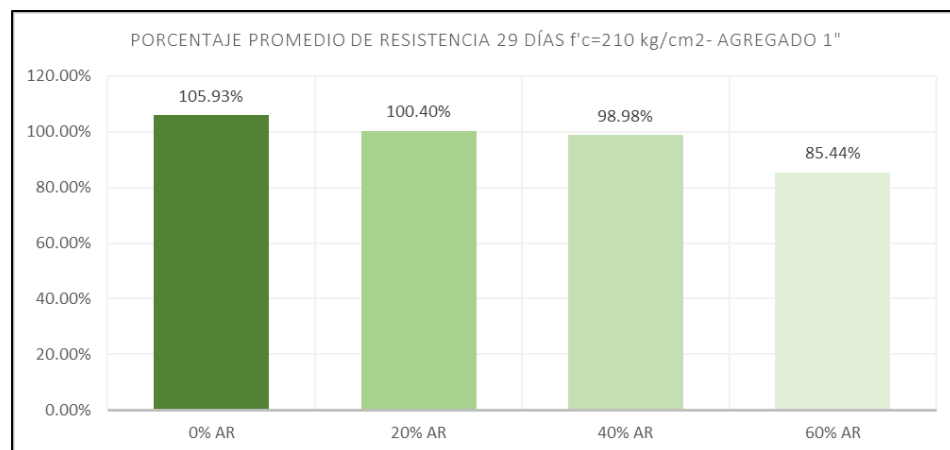


Gráfico N° 23 Porcentaje promedio de resistencia 29 días, $f'c=210$ kg/cm² –
Agregado 1"

- **TIPO DE FRACTURAS**

Las fallas que se presentaron en los ensayos fueron en su mayoría la fractura tipo 5, seguida por el tipo 4 y tipo 3 de acuerdo a los siguientes cuadros:



TAMAÑO DE GRAVA	CONCENTRACION	MUESTRA	Tipo de Falla
1/2"	0% AR	1.00	3.00
		2.00	5.00
		3.00	5.00
	0% AR	4.00	5.00
		5.00	5.00
		6.00	3.00
	0% AR	7.00	5.00
		8.00	5.00
		9.00	5.00
	20% AR	1.00	5.00
		2.00	5.00
		3.00	5.00
	20% AR	4.00	5.00
		5.00	5.00
		6.00	3.00
	20% AR	7.00	5.00
		8.00	5.00
		9.00	5.00
	40% AR	1.00	5.00
		2.00	2.00
		3.00	4.00
	40% AR	4.00	4.00
		5.00	3.00
		6.00	4.00
40% AR	7.00	5.00	
	8.00	5.00	
	9.00	5.00	
60% AR	1.00	5.00	
	2.00	4.00	
	3.00	5.00	
60% AR	4.00	4.00	
	5.00	4.00	
	6.00	4.00	
60% AR	7.00	5.00	
	8.00	5.00	
	9.00	5.00	

Tabla N° 111 Tipo de falla por especímenes para agregados de 1/2"

TAMAÑO DE GRAVA	CONCENTRACION	MUESTRA	Tipo de Falla
3/4"	0% AR	1.00	5.00
		2.00	5.00
		3.00	5.00
	0% AR	4.00	4.00
		5.00	4.00
		6.00	4.00
	0% AR	7.00	5.00
		8.00	5.00
		9.00	5.00
	20% AR	1.00	5.00
		2.00	3.00
		3.00	5.00
	20% AR	4.00	3.00
		5.00	3.00
		6.00	4.00
	20% AR	7.00	5.00
		8.00	5.00
		9.00	5.00
	40% AR	1.00	4.00
		2.00	4.00
		3.00	5.00
	40% AR	4.00	4.00
		5.00	4.00
		6.00	5.00
40% AR	7.00	5.00	
	8.00	5.00	
	9.00	5.00	
60% AR	1.00	5.00	
	2.00	5.00	
	3.00	5.00	
60% AR	4.00	4.00	
	5.00	4.00	
	6.00	5.00	
60% AR	7.00	5.00	
	8.00	5.00	
	9.00	5.00	

Tabla N° 112 Tipo de falla por especímenes para agregados de 3/4"

TAMAÑO DE GRAVA	CONCENTRACION	MUESTRA	Tipo de Falla
1"	0% AR	1.00	5.00
		2.00	3.00
		3.00	5.00
	0% AR	4.00	5.00
		5.00	5.00
		6.00	4.00
	0% AR	7.00	5.00
		8.00	5.00
		9.00	5.00
	20% AR	1.00	3.00
		2.00	4.00
		3.00	4.00
	20% AR	4.00	4.00
		5.00	5.00
		6.00	5.00
	20% AR	7.00	3.00
		8.00	4.00
		9.00	5.00
	40% AR	1.00	4.00
		2.00	4.00
		3.00	5.00
	40% AR	4.00	4.00
		5.00	3.00
		6.00	4.00
40% AR	7.00	5.00	
	8.00	5.00	
	9.00	5.00	
60% AR	1.00	4.00	
	2.00	4.00	
	3.00	5.00	
60% AR	4.00	4.00	
	5.00	3.00	
	6.00	4.00	
60% AR	7.00	5.00	
	8.00	5.00	
	9.00	5.00	

Tabla N° 113 Tipo de falla por especímenes para agregados de 1"

“APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018”

Bach. Ing. Civil Keyth Dany Tarazona Beraún

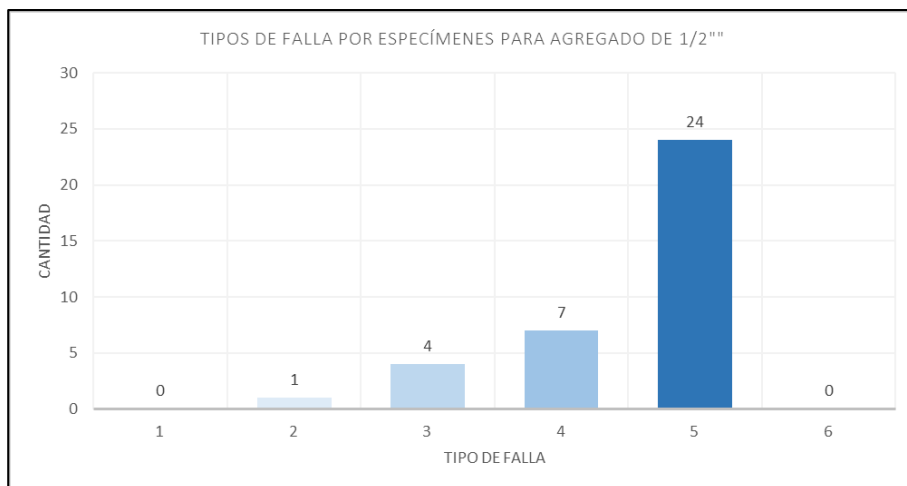


Gráfico N° 24 Tipos de falla por especímenes para agregado de 1/2''

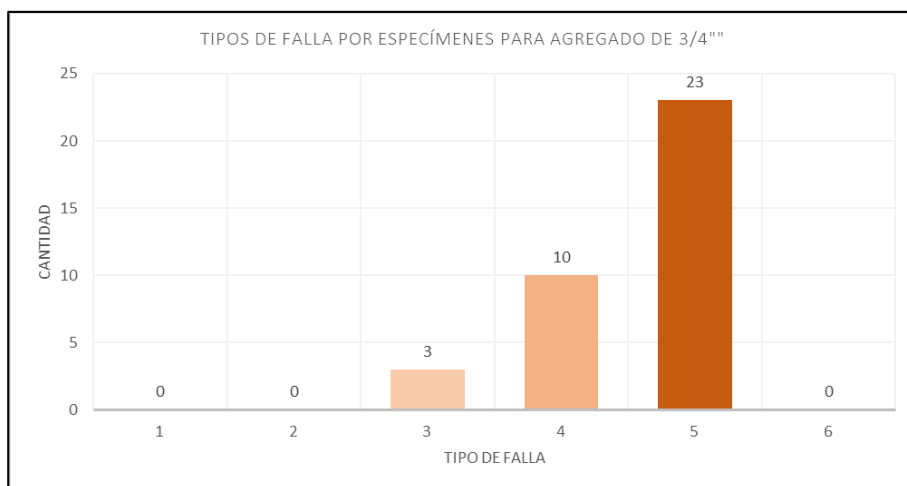


Gráfico N° 25 Tipos de falla por especímenes para agregado de 3/4''

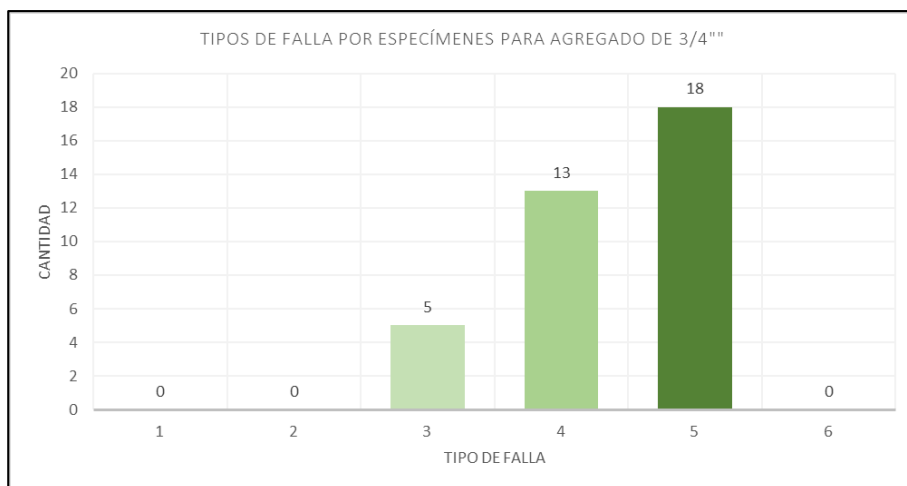


Gráfico N° 26 Tipos de falla por especímenes para agregado de 1''



INTERPRETACIÓN:

Como se puede observar en los gráficos anteriores, existe una predominancia del tipo de falla Tipo 5, que ocurre comúnmente con las capas de embonado y estas normalmente ocurren antes que la capacidad última del espécimen ha sido alcanzado, esto debido a que se producen esfuerzos en puntos sobresalientes, uno de los lados, de las caras de aplicación de carga por deficiencias en el material de cabeceo o rugosidades en la placa de carga. El otro tipo de patrón de falla predominante es el Tipo 4, que se observa comúnmente cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias de paralelismo establecidas, o por ligeras desviaciones en el centro del espécimen para la aplicación de la carga, esto produce una falla por cortante, estas normalmente se confunden con el Tipo 1, y para discernir se tiene que golpear con un martillo y verificar su configuración interna. El último tipo de falla predominante es el tipo 3, que presenta un patrón definido y las superficies superior e inferior se encuentran paralelas, este tipo de falla se asemeja al Tipo 1 que es una falla normal del espécimen bajo compresión.

3.4.8. COSTO DE LOS MATERIALES

Para la determinación de los costos por m^3 de concreto se hizo una comparación del análisis de costos unitarios por cada diseño, teniendo



como patrón de comparación el diseño que no contenga material reciclado.

Resulta relevante hacer hincapié en el costo de la grava de material reciclado, ya que es el objeto de investigación por tal motivo se ve la necesidad de obtener el costo unitario.

CARGUÍO DE MATERIAL DE RECICLAJE						
Rendimiento	420.00 m3/día				Costo por m ³ :	3.87
Unidad	m3					
	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P. UNITARIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA						
Operador de equipo pesado	hh	1.00	0.02	22.57		0.43
					Costo de mano de obra	0.43
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	% MO		0.03	0.43		0.01
Cargador frontal S/lantas 3Yd3	hm	1.00	0.02	180.00		3.43
					Costo de equipos y herramientas	3.44
TRANSPORTE DE MATERIAL (DIST. MAX = 10 Km)						
Rendimiento	150.00 m3/día				Costo por m ³ :	5.74
Unidad	m3					
	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P. UNITARIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA						
Operador de equipo pesado	hh	1.00	0.05	22.57		1.20
					Costo de mano de obra	1.20
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Camión Volquete 15 m3	hm	1.00	0.05	85.00		4.53
					Costo de equipos y herramientas	4.53
HABILITACIÓN DE MATERIA PRIMA (GRAVA DE CONCRETO RECICLADO 1/2")						
Rendimiento	2.50 m3/día				Costo por m ³ :	112.65
Unidad	m3					
	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P. UNITARIO	PARCIAL	
MATERIALES						
Materia prima	m3		1.30	0.00		0.00
Agua	m3		0.02	2.26		0.05
					Costo de materiales	0.05
MANO DE OBRA						
Operario	hh	0.10	0.32	21.73		6.95
Peón	hh	2.00	6.40	15.67		100.29
					Costo de mano de obra	107.24
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	% MO		0.05	107.24		5.36
					Costo de equipos y herramientas	5.36



HABILITACIÓN DE MATERIA PRIMA (GRAVA DE CONCRETO RECICLADO 3/4")						
Rendimiento	3.00 m3/día				Costo por m³:	93.88
Unidad	m3					
	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P.UNITARIO	PARCIAL	
MATERIALES						
Materia prima	m3		1.30	0.00	0.00	
Agua	m3		0.02	2.26	0.05	
				Costo de materiales	0.05	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	0.10	0.27	21.73	5.79	
Peón	hh	2.00	5.33	15.67	83.57	
				Costo de mano de obra	89.37	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	% MO		0.05	89.37	4.47	
				Costo de equipos y herramientas	4.47	

HABILITACIÓN DE MATERIA PRIMA (GRAVA DE CONCRETO RECICLADO 1")						
Rendimiento	3.50 m3/día				Costo por m³:	80.48
Unidad	m3					
	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P.UNITARIO	PARCIAL	
MATERIALES						
Materia prima	m3		1.30	0.00	0.00	
Agua	m3		0.02	2.26	0.05	
				Costo de materiales	0.05	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	0.10	0.23	21.73	4.97	
Peón	hh	2.00	4.57	15.67	71.63	
				Costo de mano de obra	76.60	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	% MO		0.05	76.60	3.83	
				Costo de equipos y herramientas	3.83	

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones para el cálculo:

- Como se observa, el costo de la materia prima es 0 ya que por lo general este material es eliminado, contrariamente al agregado natural, la materia prima (concreto en bloques) tiene un costo para su eliminación.



- Para el costo del agua se tomó como referencia la estructura tarifaria vigente de SEDA HUÁNUCO S.A. para la ciudad de Huánuco, como categoría: Industrial.
- Para el costo de la mano de obra se tomó como referencia la “CONVENCIÓN COLECTIVA DE TRABAJO – ACTA FINAL DE NEGOCIACIÓN COLECTIVA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL 2018-2019”
- El costo de las herramientas manuales se tomó como porcentaje del costo de la mano de obra (5%).

Otro factor importante a tener en cuenta es el porcentaje de desperdicio, ya que se observó que, al momento de la trituración, se genera una cantidad de material muy fino inferior, que pasa el tamiz N° 4, este ya no puede ser usado como agregado grueso, su utilización como agregado fino no es objeto de esta investigación.

El porcentaje de este material es de aproximadamente 30%, reduciendo el material resultante a 0.70 m³, por lo tanto, se consideró 1.30 m³ de material para 1.00 m³ de agregado grueso reciclado.

Se hizo la cotización del costo de agregado natural (piedra chancada) en la ciudad, los precios promedios son de la siguiente manera: piedra chancada de ½” S/. 80.00, piedra chancada de ¾” S/. 85.00 y piedra chancada de 1” S/. 85.00, la arena gruesa tiene como costo S/. 65.00, todos los precios por m³.



El costo del cemento es variado, el precio promedio es de S/. 23.50 (Cemento ANDINO TIPO I).

Teniendo como referencia los precios calculados anteriormente, se elabora la siguiente tabla:

	TAMAÑO DE GRAVA		
	1/2"	3/4"	1"
Costo agregado (m3)	S/. 147.24	S/. 128.47	S/. 115.07

Tabla N° 114 Costo de producción de agregado grueso reciclado por m³.

Teniendo en cuenta los costos anteriormente obtenidos y los volúmenes calculados durante el desarrollo del diseño de mezcla, podemos determinar el costo de producción de concreto a nivel de costo de materiales, sin considerar la mano de obra debido a que el empleo de la mano es la misma en la producción de concreto con agregados convencionales, dichos costos se presentan en la siguiente tabla.



TAMAÑO DE AGREGA DO	CONCENT RACION DE A.R.	CANTIDAD DE MATERIALES				COSTO DE MATERIALES					COSTO DE PROD.	
		CEMENTO Bls	AGUA m3	A. FINO m3	A. GRUESO m3	A. RECICL. m3	CEMENTO Sl./BlS	AGUA Sl./m3	A. FINO Sl./m3	A. GRUESO Sl./m3		A. RECICL. Sl./m3
1/2"	0.00% AR	9.16	0.24	0.34	0.30	0.00	23.50	2.26	65.00	80.00	147.24	261.41
	20.00% AR	9.16	0.24	0.34	0.23	0.06	23.50	2.26	65.00	80.00	147.24	265.61
	40.00% AR	9.16	0.25	0.34	0.17	0.12	23.50	2.26	65.00	80.00	147.24	269.75
	60.00% AR	9.16	0.26	0.34	0.12	0.18	23.50	2.26	65.00	80.00	147.24	273.82
	100.00% AR	9.16	0.28	0.34	0.00	0.30	23.50	2.26	65.00	80.00	147.24	281.77
3/4"	0.00% AR	8.69	0.22	0.27	0.38	0.00	23.50	2.26	65.00	85.00	128.47	254.55
	20.00% AR	8.69	0.23	0.27	0.30	0.08	23.50	2.26	65.00	85.00	128.47	258.13
	40.00% AR	8.69	0.25	0.27	0.22	0.16	23.50	2.26	65.00	85.00	128.47	261.67
	60.00% AR	8.69	0.26	0.27	0.15	0.24	23.50	2.26	65.00	85.00	128.47	265.16
	100.00% AR	8.69	0.28	0.27	0.00	0.39	23.50	2.26	65.00	85.00	128.47	272.01
1"	0.00% AR	8.18	0.21	0.24	0.44	0.00	23.50	2.26	65.00	85.00	115.07	245.57
	20.00% AR	8.18	0.22	0.24	0.35	0.09	23.50	2.26	65.00	85.00	115.07	248.42
	40.00% AR	8.18	0.24	0.24	0.26	0.18	23.50	2.26	65.00	85.00	115.07	251.22
	60.00% AR	8.18	0.25	0.24	0.17	0.27	23.50	2.26	65.00	85.00	115.07	253.98
	100.00% AR	8.18	0.27	0.24	0.00	0.44	23.50	2.26	65.00	85.00	115.07	259.35

Tabla N° 115 Costo de producción de concreto.

“APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018”

Bach. Ing. Civil Keyth Dany Tarazona Beraún

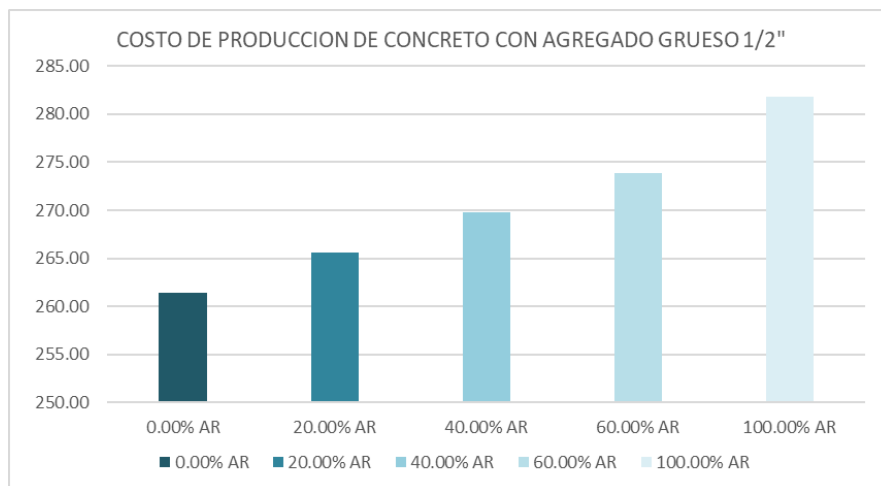


Gráfico N° 27 Costo de producción de m³ concreto con agregado grueso 1/2" según concentración de AR.

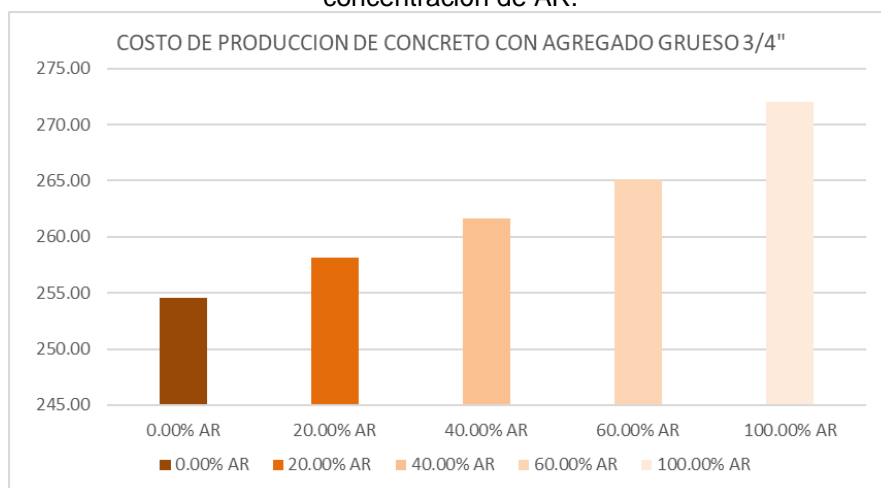


Gráfico N° 28 Costo de producción de m³ concreto con agregado grueso 3/4" según concentración de AR.

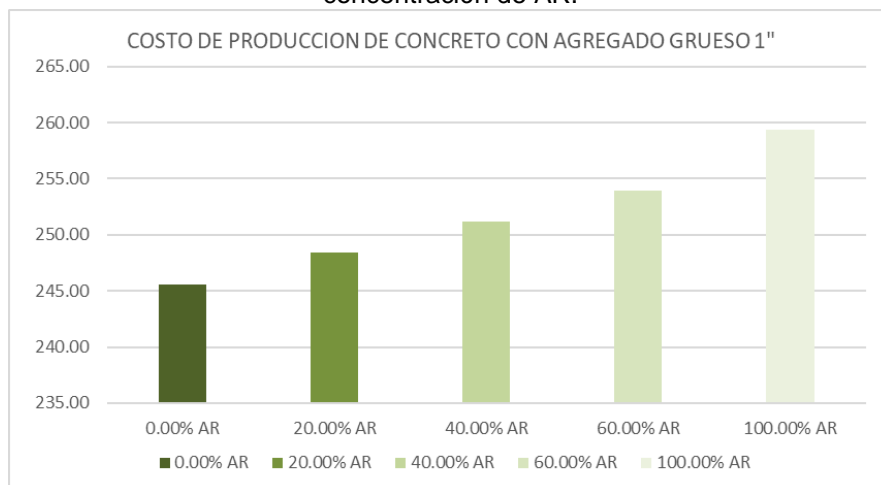


Gráfico N° 29 Costo de producción de m³ concreto con agregado grueso 1" según concentración de AR.



INTERPRETACIÓN:

Como se puede observar en los gráficos anteriores, el costo de la producción del concreto por m^3 y para cada concentración de agregado grueso reciclado (AR), crece linealmente y en proporción a la concentración del agregado grueso reciclado, esto debido a que el costo por m^3 de agregado reciclado es mayor al costo del m^3 de agregados naturales, esto ocurre para los tres tamaños de agregado grueso.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO, PRUEBA DE HIPÓTESIS Y DISCUSIÓN DE VARIABLES.

4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como se expuso en el capítulo del marco teórico, el análisis estadístico consistió en obtener la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada grupo planteado para la investigación, tres por cada tamaño de agregado grueso y nueve por cada concentración de agregado reciclado. Para cada grupo se plantea una tabla y un gráfico de su distribución normal. Posteriormente se evaluará estos parámetros estadísticos.

Como ya se ha mencionado, la cantidad de especímenes por cada tamaño de agregado es de 36; de los cuales, para cada concentración de agregado reciclado se tomó 9 especímenes.

La evaluación se hizo de acuerdo al rango en que se encuentra la desviación estándar y el coeficiente de variación. De acuerdo a la Tabla N°09 del acápite 2.16.1 Valores de dispersión en el control de concreto.



4.1.1. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 0% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u)^2
	N°			
	1.00	308.01	-17.40	302.61
	2.00	322.07	-3.34	11.14
	3.00	340.15	14.75	217.55
	4.00	325.70	0.29	0.09
	5.00	335.12	9.71	94.37
	6.00	328.62	3.22	10.37
	7.00	307.40	-18.01	324.27
	8.00	312.71	-12.70	161.22
	9.00	348.86	23.46	550.38
Media (u)		325.40		
$\sum(xi - u)^2$				1672.00
Varianza (σ^2)				209.00
Desviación estándar (σ)				14.46
Coefficiente de variación (vt)				4.44

Los parámetros fueron obtenidos con las siguientes fórmulas:

- La media

$$u = \frac{\sum f'c}{n} = 325.40$$

Dónde:

f'c : Es la resistencia a la compresión de cada muestra

n : Es la cantidad de especímenes

- La varianza

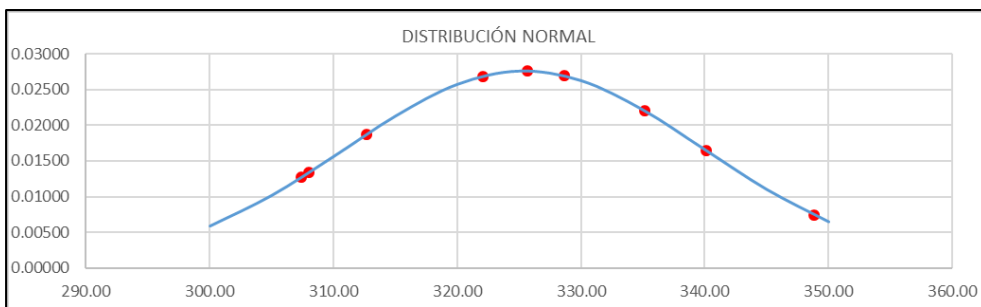
$$\sigma^2 = \frac{\sum(xi - u^2)}{n - 1} = \frac{1672.00}{8} = 209.00$$

- La desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{209.00} = 14.46$$

- El coeficiente de variación

$$vt = \left(\frac{\sigma}{u}\right) \times 100 = \left(\frac{14.16}{325.40}\right) \times 100 = 4.44$$

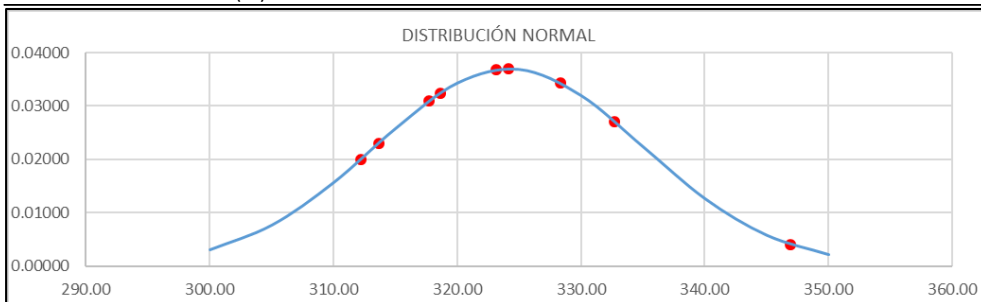


Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como MUY BUENO ya que se encuentra en el intervalo de 14.10 a 17.60 y el coeficiente de variación se califica como SUFICIENTE ya que se encuentra en el intervalo de 4 a 5.

4.1.2. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 20% AR

N° de especímenes	9.00	f' c (xi)	(xi - u)	(xi - u)^2
	N°			
	1.00	324.17	0.01	0.00
	2.00	318.65	-5.51	30.38
	3.00	323.17	-0.99	0.99
	4.00	313.65	-10.51	110.47
	5.00	317.73	-6.43	41.35
	6.00	328.34	4.17	17.41
	7.00	332.67	8.51	72.44
	8.00	312.19	-11.98	143.42
	9.00	346.89	22.73	516.71
Media (u)		324.16		
$\sum(xi - u)^2$				933.17
Varianza (σ^2)				116.65
Desviación estándar (σ)				10.80
Coeficiente de variación (vt)				3.33



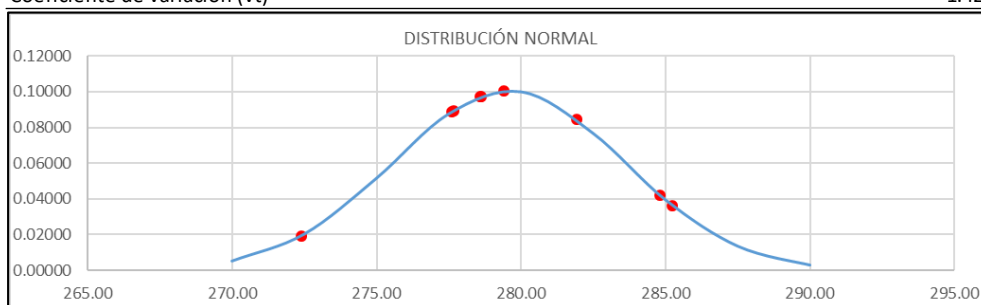


Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como BUENO.

4.1.3. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 40% AR

N° de especímenes	9.00	f' c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	277.66	-1.92	3.68
	2.00	281.93	2.34	5.50
	3.00	272.38	-7.20	51.87
	4.00	284.81	5.23	27.32
	5.00	277.61	-1.97	3.89
	6.00	278.59	-0.99	0.98
	7.00	279.40	-0.18	0.03
	8.00	285.25	5.66	32.07
	9.00	278.61	-0.97	0.95
Media (u)		279.58		
$\sum(xi - u)^2$				126.27
Varianza (σ^2)				15.78
Desviación estándar (σ)				3.97
Coefficiente de variación (vt)				1.42



Interpretación:

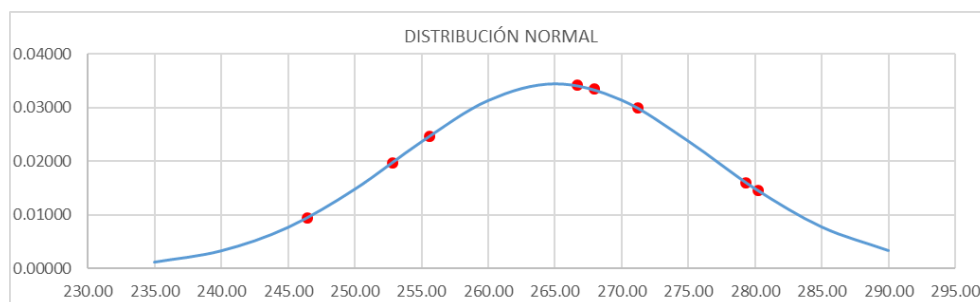
De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como MUY BUENO y el coeficiente de variación se califica como EXCELENTE.



4.1.4. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1/2" CON 60% AR

Para este grupo hemos eliminado el resultado de un espécimen que durante el ensayo ya máquina sufrió un corte de suministro lo que altero los resultados del ensayo. Esto generará, de no eliminarlo, un aumento en el coeficiente de variación y desviación estándar.

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	271.24	6.20	38.43
	2.00	252.84	-12.19	148.70
	3.00	246.45	-18.58	345.34
	4.00	266.69	1.65	2.72
	5.00	255.60	-9.44	89.14
	6.00	279.33	14.29	204.25
	8.00	280.22	15.19	230.65
	9.00	267.93	2.89	8.36
Media (u)		265.04		
$\sum(xi - u)^2$				1067.60
Varianza (σ^2)				133.45
Desviación estándar (σ)				11.55
Coefficiente de variación (vt)				4.36



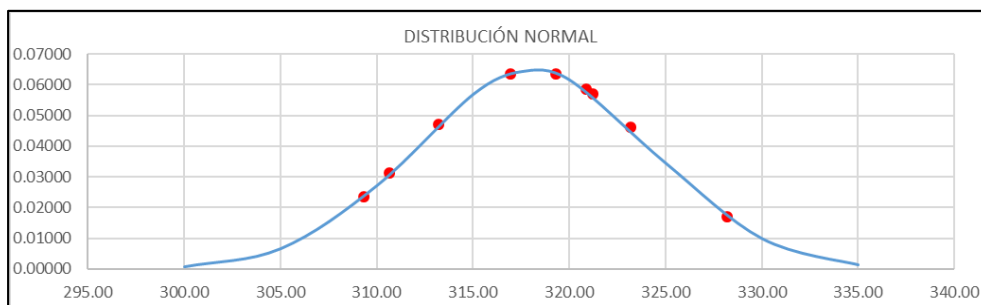
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como SUFICIENTE.



4.1.5. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 0% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	313.20	-4.90	24.02
	2.00	323.17	5.07	25.67
	3.00	310.66	-7.44	55.41
	4.00	319.30	1.20	1.45
	5.00	328.20	10.10	102.03
	6.00	309.31	-8.79	77.19
	7.00	321.22	3.12	9.71
	8.00	320.88	2.78	7.72
	9.00	316.96	-1.14	1.29
Media (u)		318.10		
$\sum(xi - u)^2$				304.50
Varianza (σ^2)				38.06
Desviación estándar (σ)				6.17
Coefficiente de variación (vt)				1.94



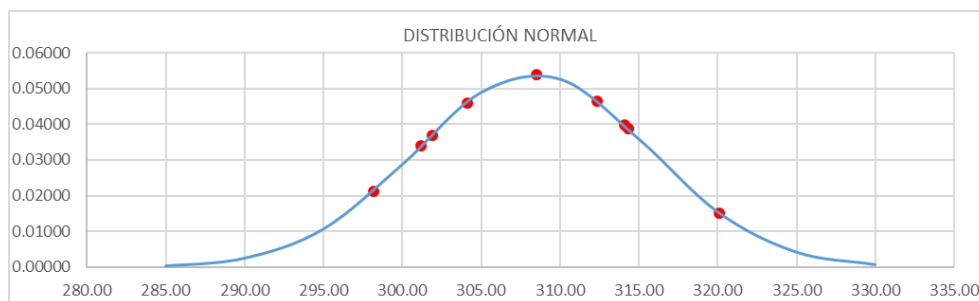
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como EXCELENTE.



4.1.6. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 20% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	304.10	-4.22	17.77
	2.00	301.20	-7.11	50.55
	3.00	312.36	4.04	16.36
	4.00	314.36	6.04	36.50
	5.00	301.89	-6.43	41.29
	6.00	298.20	-10.12	102.37
	7.00	308.51	0.20	0.04
	8.00	320.11	11.79	139.10
	9.00	314.10	5.79	33.49
Media (u)		308.31		
$\sum(xi - u)^2$				437.48
Varianza (σ^2)				54.68
Desviación estándar (σ)				7.39
Coefficiente de variación (vt)				2.40



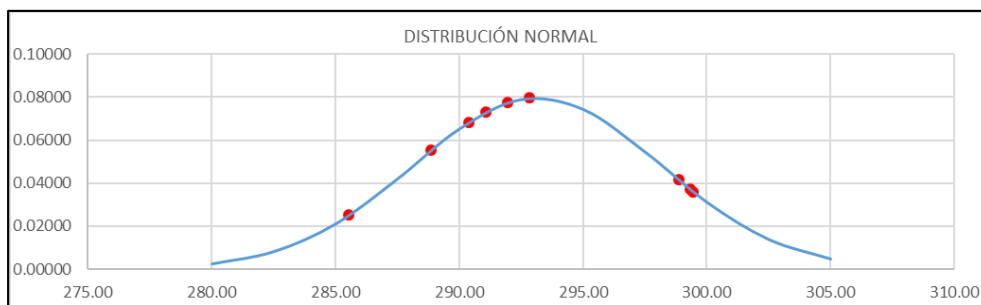
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como MUY BUENO.



4.1.7. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 40% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	292.85	-0.30	0.09
	2.00	288.87	-4.28	18.31
	3.00	290.38	-2.77	7.67
	4.00	291.94	-1.21	1.46
	5.00	285.56	-7.59	57.67
	6.00	291.08	-2.07	4.27
	7.00	299.34	6.20	38.38
	8.00	298.86	5.71	32.61
	9.00	299.46	6.31	39.81
Media (u)		293.15		
$\sum(xi - u)^2$				200.28
Varianza (σ^2)				25.03
Desviación estándar (σ)				5.00
Coefficiente de variación (vt)				1.71



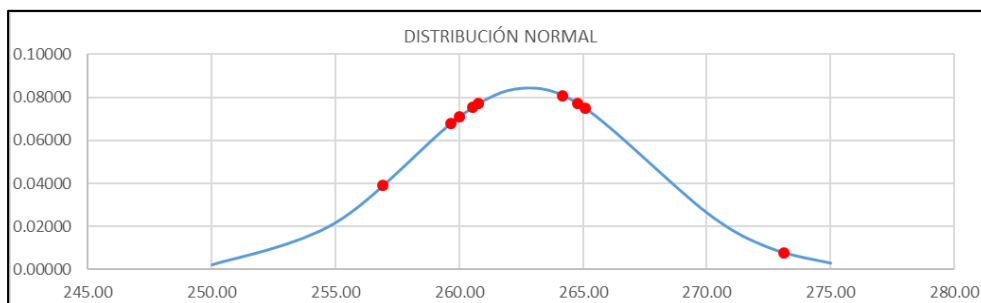
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como EXCELENTE.



4.1.8. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 3/4" CON 60% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	259.66	-3.12	9.76
	2.00	260.53	-2.25	5.07
	3.00	256.91	-5.87	34.51
	4.00	264.16	1.38	1.89
	5.00	260.78	-2.01	4.02
	6.00	260.02	-2.77	7.65
	7.00	264.79	2.01	4.04
	8.00	273.12	10.34	106.96
	9.00	265.07	2.29	5.26
Media (u)		262.78		
$\sum(xi - u)^2$				179.15
Varianza (σ^2)				22.39
Desviación estándar (σ)				4.73
Coefficiente de variación (vt)				1.80



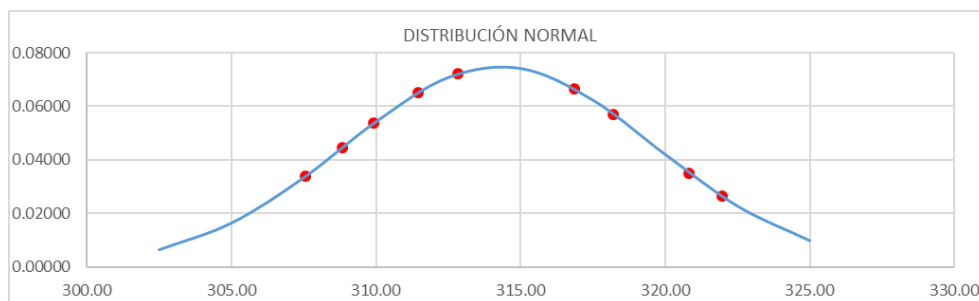
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como EXCELENTE.



4.1.9. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 0% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	311.46	-2.82	7.94
	2.00	316.87	2.59	6.69
	3.00	320.84	6.56	43.00
	4.00	309.93	-4.35	18.94
	5.00	307.56	-6.71	45.09
	6.00	312.84	-1.44	2.07
	7.00	321.96	7.68	58.99
	8.00	308.84	-5.44	29.58
	9.00	318.22	3.94	15.50
Media (u)		314.28		
$\sum(xi - u)^2$				227.80
Varianza (σ^2)				28.47
Desviación estándar (σ)				5.34
Coefficiente de variación (vt)				1.70



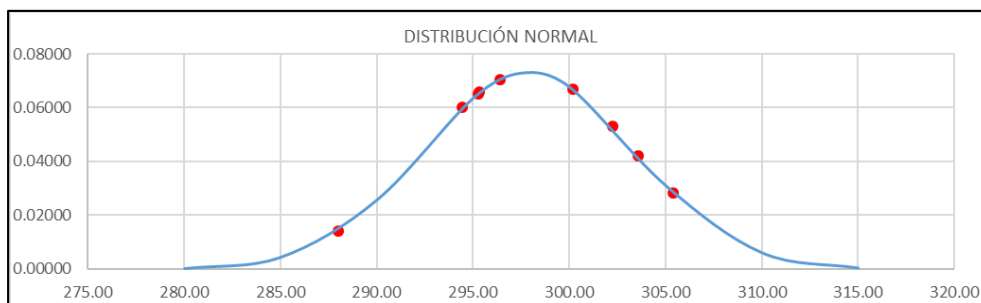
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como EXCELENTE.



4.1.10. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 20% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	303.59	5.72	32.67
	2.00	294.45	-3.43	11.73
	3.00	288.00	-9.87	97.48
	4.00	305.40	7.52	56.59
	5.00	300.18	2.31	5.33
	6.00	295.25	-2.62	6.86
	7.00	302.24	4.37	19.07
	8.00	295.34	-2.53	6.41
	9.00	296.41	-1.47	2.15
Media (u)		297.87		
$\sum(xi - u)^2$				238.28
Varianza (σ^2)				29.79
Desviación estándar (σ)				5.46
Coefficiente de variación (vt)				1.83



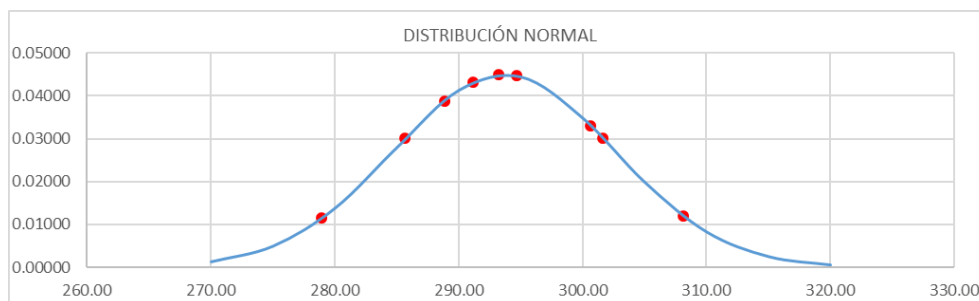
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como EXCELENTE.



4.1.11. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 40% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	294.64	1.00	0.99
	2.00	288.86	-4.79	22.96
	3.00	278.96	-14.69	215.71
	4.00	293.21	-0.44	0.20
	5.00	291.13	-2.52	6.34
	6.00	285.69	-7.96	63.29
	7.00	300.64	6.99	48.91
	8.00	308.10	14.45	208.80
	9.00	301.60	7.96	63.30
Media (u)		293.65		
$\sum(xi - u)^2$				630.49
Varianza (σ^2)				78.81
Desviación estándar (σ)				8.88
Coefficiente de variación (vt)				3.02



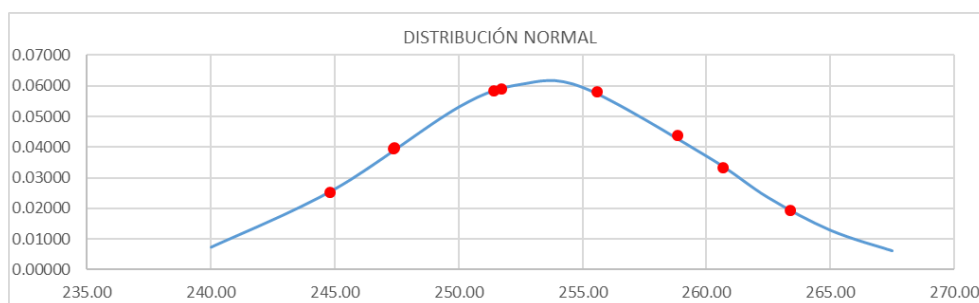
Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como BUENO.



4.1.12. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA AGREGADO DE 1" CON 60% AR

N° de especímenes	9.00	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	N°			
	1.00	251.41	-2.06	4.25
	2.00	258.83	5.36	28.74
	3.00	251.73	-1.74	3.02
	4.00	247.41	-6.05	36.66
	5.00	263.37	9.90	98.08
	6.00	244.81	-8.66	75.02
	7.00	260.68	7.21	52.01
	8.00	247.38	-6.09	37.05
	9.00	255.59	2.13	4.52
Media (u)		253.47		
$\sum(xi - u)^2$				339.34
Varianza (σ^2)				42.42
Desviación estándar (σ)				6.51
Coefficiente de variación (vt)				2.57



Interpretación:

De acuerdo al criterio de evaluación, para el presente grupo, la desviación estándar califica como EXCELENTE y el coeficiente de variación se califica como MUY BUENO.

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

De acuerdo a lo indicado en el marco teórico, se realizará la prueba de hipótesis para los resultados de resistencia del concreto. El desarrollo y los pasos para tal fin, se establecieron en el capítulo mencionado.



El objetivo de esta prueba es demostrar la disminución de la resistencia del concreto al añadirle agregado reciclado, lo cual se logra parcialmente con los resultados que se obtuvieron en el laboratorio.

Se procede a comparar cada uno de los grupos que tienen incorporado agregado reciclado con el grupo patrón, es decir con el grupo N° 01 que no tiene agregado reciclado con el grupo N° 02, N° 03 y N° 04.

Grupo N° 01 : Grupo con 0% de agregado reciclado incorporado.

Grupo N° 02 : Grupo con 20% de agregado reciclado incorporado.

Grupo N° 03 : Grupo con 40% de agregado reciclado incorporado.

Grupo N° 04 : Grupo con 60% de agregado reciclado incorporado.

4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA CONCRETO CON AGREGADO ½”

Grupo N° 01 : Grupo con 0% de agregado reciclado incorporado, tamaño de agregado ½”

Grupo N° 02 : Grupo con 20% de agregado reciclado incorporado, tamaño de agregado ½”

Grupo N° 03 : Grupo con 40% de agregado reciclado incorporado, tamaño de agregado ½”

Grupo N° 04 : Grupo con 60% de agregado reciclado incorporado, tamaño de agregado ½”

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_2 : Resistencia promedio del grupo N° 02

u_3 : Resistencia promedio del grupo N° 03



- u_4 : Resistencia promedio del grupo N° 04
- σ_1 : Desviación estándar del grupo N° 01
- σ_2 : Desviación estándar del grupo N° 02
- σ_3 : Desviación estándar del grupo N° 03
- σ_4 : Desviación estándar del grupo N° 04
- n : número de especímenes del grupo (n=9 para todos los grupos)

• **Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 02**

- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1) 325.40

Desviación estándar (σ_1) 14.46

Numero de especímenes (n_1) 9.00

- **Parámetros del grupo N°2**

Media (u_2) 324.16

Desviación estándar (σ_2) 10.80

Numero de especímenes (n_2) 9.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_2 : Resistencia promedio del grupo N° 02

2. Hipótesis nula.



$$H_0: u_1 \leq u_2$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_2$$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico $\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

$$Z_0 = \frac{325.40 - 324.16}{\sqrt{\frac{14.46^2}{9} + \frac{10.80^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 0.206$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 < Z$ ($0.206 < 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 20% no aumenta la resistencia a la compresión del concreto ni se rechaza lo contrario.

• **Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 03**

- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1)	325.40
Desviación estándar (σ_1)	14.46



Numero de especímenes (n_1) 9.00

- **Parámetros del grupo N°3**

Media (u_3) 279.58

Desviación estándar (σ_3) 3.97

Numero de especímenes (n_3) 9.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_3 : Resistencia promedio del grupo N° 03

2. Hipótesis nula.

$H_0: u_1 \leq u_3$

3. Hipótesis alternativa.

$H_1: u_1 > u_3$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico $\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_3$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_3$, “se acepta”)

5. Test estadístico



$$Z_0 = \frac{u_1 - u_3}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_3^2}{n_3}}}$$

$$Z_0 = \frac{325.40 - 279.58}{\sqrt{\frac{14.46^2}{9} + \frac{3.97^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 9.167$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($9.176 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 40% disminuye la resistencia a la compresión del concreto.

- **Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 04**

- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1)	325.40
Desviación estándar (σ_1)	14.46
Numero de especímenes (n_1)	9.00

- **Parámetros del grupo N°4**

Media (u_4)	265.04
Desviación estándar (σ_4)	11.55
Numero de especímenes (n_4)	8.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01



u_4 : Resistencia promedio del grupo N° 04

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_4$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_4$$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico

$\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_4}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_4^2}{n_4}}}$$

$$Z_0 = \frac{325.40 - 265.04}{\sqrt{\frac{14.46^2}{9} + \frac{11.55^2}{8}}}$$

$$Z_0 = 9.555$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($9.555 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 60% disminuye la resistencia a la compresión del concreto.

4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA CONCRETO CON AGREGADO ¾”

- Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 02



- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1) 318.10

Desviación estándar (σ_1) 6.17

Numero de especímenes (n_1) 9.00

- **Parámetros del grupo N°2**

Media (u_2) 308.31

Desviación estándar (σ_2) 7.39

Numero de especímenes (n_2) 9.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_2 : Resistencia promedio del grupo N° 02

2. Hipótesis nula.

$H_0: u_1 \leq u_2$

3. Hipótesis alternativa.

$H_1: u_1 > u_2$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico $\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:



Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

$$Z_0 = \frac{318.10 - 308.31}{\sqrt{\frac{6.17^2}{9} + \frac{7.39^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 3.051$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($3.051 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 20% disminuye la resistencia a la compresión.

• **Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 03**

- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1)	318.10
Desviación estándar (σ_1)	6.17
Numero de especímenes (n_1)	9.00

- **Parámetros del grupo N°3**

Media (u_3)	293.15
Desviación estándar (σ_3)	5.00
Numero de especímenes (n_3)	9.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.



1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_3 : Resistencia promedio del grupo N° 03

2. Hipótesis nula.

$H_0: u_1 \leq u_3$

3. Hipótesis alternativa.

$H_1: u_1 > u_3$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico $\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_3$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_3$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_3}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_3^2}{n_3}}}$$

$$Z_0 = \frac{318.10 - 293.15}{\sqrt{\frac{6.17^2}{9} + \frac{5.00^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 9.425$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($9.425 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 40% disminuye la resistencia a la compresión.



- **Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 04**

- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1) 318.10

Desviación estándar (σ_1) 6.17

Numero de especímenes (n_1) 9.00

- **Parámetros del grupo N°4**

Media (u_4) 262.78

Desviación estándar (σ_4) 4.73

Numero de especímenes (n_4) 9.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_4 : Resistencia promedio del grupo N° 04

2. Hipótesis nula.

$H_0: u_1 \leq u_4$

3. Hipótesis alternativa.

$H_1: u_1 > u_4$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico

$\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística



que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_4$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_4$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_4}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_4^2}{n_4}}}$$

$$Z_0 = \frac{318.10 - 262.78}{\sqrt{\frac{6.17^2}{9} + \frac{4.73^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 21.347$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($21.347 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 60% disminuye la resistencia a la compresión.

4.2.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA CONCRETO CON AGREGADO 1”

- Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 02

- Parámetros del grupo N°1

Media (u_1) 314.28

Desviación estándar (σ_1) 5.34

Numero de especímenes (n_1) 9.00

- Parámetros del grupo N°2

Media (u_2) 297.87

Desviación estándar (σ_2) 5.46

Numero de especímenes (n_2) 9.00



Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_2 : Resistencia promedio del grupo N° 02

2. Hipótesis nula.

$H_0: u_1 \leq u_2$

3. Hipótesis alternativa.

$H_1: u_1 > u_2$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico $\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

$$Z_0 = \frac{314.28 - 297.87}{\sqrt{\frac{5.34^2}{9} + \frac{5.46^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 6.446$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($6.446 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que



el agregado reciclado incorporado en una concentración de 20% disminuye la resistencia a la compresión.

- **Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 03**

- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1) 314.28

Desviación estándar (σ_1) 5.34

Numero de especímenes (n_1) 9.00

- **Parámetros del grupo N°3**

Media (u_3) 293.65

Desviación estándar (σ_3) 8.88

Numero de especímenes (n_3) 9.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_3 : Resistencia promedio del grupo N° 03

2. Hipótesis nula.

$H_0: u_1 \leq u_3$

3. Hipótesis alternativa.

$H_1: u_1 > u_3$



4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico $\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_3$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_3$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_3}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_3^2}{n_3}}}$$

$$Z_0 = \frac{314.28 - 293.65}{\sqrt{\frac{5.34^2}{9} + \frac{8.88^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 5.973$$

6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($5.973 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 40% disminuye la resistencia a la compresión.

• **Prueba de hipótesis del grupo N° 01 y grupo N° 04**

- **Parámetros del grupo N°1**

Media (u_1)	314.28
Desviación estándar (σ_1)	5.34
Numero de especímenes (n_1)	9.00

- **Parámetros del grupo N°4**

Media (u_4)	253.47
Desviación estándar (σ_4)	6.51



Numero de especímenes (n_4) 9.00

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considera la resistencia promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N° 01

u_4 : Resistencia promedio del grupo N° 04

2. Hipótesis nula.

$H_0: u_1 \leq u_4$

3. Hipótesis alternativa.

$H_1: u_1 > u_4$

4. Nivel de significancia, como se describió en el marco teórico $\alpha=0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística que también se citó en el mismo capítulo, se obtiene $Z=1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_4$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_4$, “se acepta”)

5. Test estadístico

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_4}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_4^2}{n_4}}}$$

$$Z_0 = \frac{314.28 - 262.78}{\sqrt{\frac{5.34^2}{9} + \frac{6.51^2}{9}}}$$

$$Z_0 = 18.349$$



6. Conclusión: Puesto que $Z_0 > Z$ ($18.349 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha=0.05$, y se concluye que el agregado reciclado incorporado en una concentración de 60% disminuye la resistencia a la compresión.

4.3. DISCUSIÓN DE VARIABLES

En esta sección se evaluarán las variables e indicadores que se plantearon anteriormente en la investigación.

Los materiales que se han usado para producir los especímenes, en su mayoría, poseen características que son adecuadas de acuerdo a las normas usadas en la presente investigación.

Las curvas granulométricas, exceden los límites establecidos por la NTP 400.037, es decir, posee una granulometría gruesa. El contenido de humedad, se puede observar en los agregados gruesos reciclados es significativamente mayor a los agregados naturales. El peso específico y la absorción de los agregados, se puede observar que en los agregados gruesos reciclados el peso específico es menor y que la absorción es mayor a la de los agregados naturales, lo que podría producir un concreto ligero, pero permeable. El ensayo de la abrasión, en el agregado grueso reciclado es considerablemente mayor el desgaste que en los reciclados naturales.

La resistencia a la compresión, propiedad del concreto endurecido, fue superior en los grupos que se tomaron como patrón, incluso superando



las resistencias promedias (f'_{cr}), sin embargo, partiendo de ese punto, y tomando como referencia los grupos patrones para cada caso, se afirma que se puede usar concreto con hasta un 40% de agregado grueso proveniente de concreto reciclado, ya que este alcanza una resistencia de 94%, 99% y 99% para los tamaños de gravas de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y 1" respectivamente.

En cuanto al costo de los agregados gruesos reciclados, resultó que, para su obtención, este es más caro que un agregado natural, y sabiendo que el costo del concreto es directamente proporcional a la cantidad de agregado reciclado, este aumenta de acuerdo a la concentración. Y si esta diferencia de costos se traduce a una producción masiva, estos costos toman relevancia; sin embargo, si hablamos de las ventajas, estas se pueden observar en un importante porcentaje de material que se dispone para su reutilización y reduce la eliminación informal de los residuos de demolición; además, el concreto producido con agregado reciclado alcanza resistencias deseadas de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ hasta una concentración del 40% de AR, concentraciones mayores generan que la resistencia a la compresión baje considerablemente.



4.3.1. DISCUSION DE VARIABLES POR OBJETIVO

OBJETIVO 1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso procedente de la demolición del pavimento rígido.

Tipo de residuo. - El residuo que se reciclo es de origen de demolición de pavimento rígido, su obtención fue de la manera que se describió anteriormente, se ha logrado obtener un agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " y 1" limpio producto de la selección y tratamiento como 'materia prima'.

Peso específico y absorción. – Los agregados gruesos provenientes de la demolición de pavimento rígido presentan pesos específicos 2.49 gr/cm³ más bajos con respecto a los agregados naturales 2.61 gr/cm³, no es significativo, pero en grandes volúmenes de concreto toma relevancia ya que se produce un concreto más ligero.

En cuanto a la absorción, se puede ver una diferencia marcada en cuanto a la absorción de los agregados gruesos provenientes de la demolición de pavimento rígido 7.30% con respecto a la absorción del agregado natural que es de 0.80%, esto se debe a que los agregados reciclados al ser más porosos absorben más agua que los agregados naturales.

Granulometría. – La granulometría de los agregados gruesos provenientes de la demolición de pavimento rígido es muy similar a la granulometría de los agregados naturales, estos están en función al



tratamiento primario de tamizado que se le da a la 'materia prima'. Las curvas granulométricas exceden en los límites inferiores establecidos por la NTP 400.037, esto debido a que durante el proceso de tamizado primario se eliminan gran cantidad de material fino, dejando predominancia de material granular.

Peso unitario. – El peso unitario suelto de los agregados gruesos provenientes de la demolición de pavimento rígido es de 1.53 gr/cm³, 1.57 gr/cm³ y 1.55 gr/cm³ para los tamaños de agregados de 1/2", 3/4" y 1" respectivamente, mientras que, para los agregados naturales, es de 1.77 gr/cm³, 1.81 gr/cm³ y 1.92 gr/cm³ para los tamaños de agregados de 1/2", 3/4" y 1" respectivamente.

El peso unitario compactado de los agregados gruesos provenientes de la demolición de pavimento rígido es de 1.66 gr/cm³, 1.71 gr/cm³ y 1.70 gr/cm³ para los tamaños de agregados de 1/2", 3/4" y 1" respectivamente, mientras que, para los agregados naturales, es de 1.90 gr/cm³, 1.95 gr/cm³ y 2.06 gr/cm³ para los tamaños de agregados de 1/2", 3/4" y 1" respectivamente.

De los datos obtenidos se infiere que los agregados reciclados son más ligeros que los agregados naturales, lo que podría ser significativo en cuanto al peso total del concreto y podría tomar importancia al momento de hacer cálculos estructurales.



Abrasión. – El desgaste producido en el ensayo para los agregados gruesos provenientes de la demolición de pavimento rígido es de 34.67%, significativamente mayor al desgaste producido en el mismo ensayo a los agregados naturales que es de 20.64%, y varía linealmente de acuerdo a las concentraciones de agregado reciclado incorporado en el concreto, de lo que se infiere que mientras más concentración de agregado reciclado se tenga incorporado en el concreto, este será menos resistente a acciones de desgaste, lo que restringe su uso a obras que no estén expuestas a este tipo de acciones tales como pavimentos.

OBJETIVO 2. Analizar si se podrá alcanzar la resistencia a la compresión deseada usando agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido.

La resistencia a la compresión, es la propiedad más importante que se ha evaluado en la investigación y este es un indicador de su calidad, demuestra que el agregado grueso proveniente de la demolición de pavimento rígido puede ser usado en una concentración menor al 40% indiscriminadamente del tamaño de grava que se use, para el diseño planteado en la investigación que es de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en los que los especímenes patrón llegaron a superar la $f'cr = 296.68 \text{ kg/cm}^2$, y se tomó como referencia para realizar la comparación con los otros especímenes que tenían incorporado agregado reciclado.



OBJETIVO 3. Analizar las ventajas y desventajas del uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido en la producción de concreto nuevo con respecto al uso de material agregado tradicional

Resistencia a la compresión. – Como se describió en el ítem anterior, en cuanto a la resistencia a la compresión, el uso de agregado grueso proveniente de la demolición de pavimento rígido puede ser usado en una concentración menor al 40% de agregado grueso reciclado indiscriminadamente del tamaño de grava que se use.

Costo del residuo. – El costo de la producción de agregado grueso proveniente de los residuos de la demolición de pavimento rígido es mayor al costo de adquisición o producción de agregado natural, por lo tanto, vemos que el costo de producción de concreto varía proporcionalmente a la concentración de agregado reciclado.

Cantidad de residuo. – El porcentaje de residuos de demolición se reduce si se dispone de estos para su reciclaje y posterior reutilización, teniendo en cuenta que en la actualidad el 100% de estos van a parar a botaderos clandestinos.



4.3.2. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL. El uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido, es apto para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante ensayos en laboratorio, el agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido se puede utilizar en la producción de concreto nuevo siempre en cuando la concentración del AR no supere el 40% del agregado grueso, este alcanza una resistencia deseada según el diseño planteado.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1. El agregado grueso procedente de la demolición del pavimento rígido cumple con las especificaciones normadas.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los agregados gruesos reciclados proveniente de la demolición de pavimento rígido muestran que estos tienen propiedades y características similares a las del agregado natural, los cuales se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las normas usadas independientemente del tamaño de grava. Sin embargo, el ensayo de abrasión a los agregados demuestra que el uso de este agregado está limitado a obras en los que el concreto no este expuesto a acciones de desgaste.



Esto corrobora la información citada en el marco teórico en el que se recopila información de estudios previos, con respecto a la densidad se valida la información, ya que los agregados reciclados son menos densos que los agregados vírgenes, la absorción de agua es mayor en los agregados reciclados que en los agregados vírgenes, y la pérdida por abrasión en el ensayo es mucho mayor en los agregados reciclados con respecto a los agregados vírgenes.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2. La resistencia a la compresión del concreto usando agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido alcanza la resistencia deseada.

De acuerdo a los ensayos realizados y a los resultados obtenidos, el concreto con incorporación de agregados gruesos reciclados proveniente de la demolición de pavimento rígido alcanzan las resistencias deseadas hasta una concentración de 40% independientemente del tamaño de grava que se use, es decir $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y 1", las concentraciones mayores disminuyen la resistencia del concreto significativamente. Esto confirma la información recopilada en el marco teórico, en el que se citan estudios previos que afirman que las resistencias son similares, sin embargo, estas no discriminan el tamaño de grava y las concentraciones de agregado reciclado, pero aseveran que las resistencias disminuyen hasta un 39% a partir de agregados reciclados de alta resistencia.



HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3. Las ventajas del uso del agregado proveniente de la demolición del pavimento rígido son significativas frente a las desventajas con el uso de agregados convencionales.

De acuerdo al análisis realizado en los capítulos anteriores, el concreto con agregado grueso reciclado proveniente de residuos de demolición de pavimento rígido presenta ventajas en cuanto a su uso ya que hasta concentraciones de 40% de AR presenta resistencias similares al concreto producido con agregados naturales. Además, el porcentaje de residuos de demolición se reduce considerablemente, en un 70%, si se dispone de estos para el reciclaje y su posterior reutilización, considerando que en la actualidad el 100% de estos van a parar a botaderos clandestinos. Sin embargo, presenta una desventaja en cuanto al costo de la producción de la materia prima y posterior producción del concreto y este aumenta linealmente y proporcionalmente a la concentración del AR, y aumenta conforme se disminuye al tamaño de agregado que se quiere obtener, es decir, mientras más pequeño el agregado que deseamos obtener, mayor será el costo.



MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Título: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES GENERALES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
¿Cuál es el comportamiento del agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo?	Realizar un estudio del comportamiento del agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo.	El uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido, es apto para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo.	VI: Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido VD: Producción de concreto nuevo.	Concreto	- Propiedades de los materiales - Resistencia a la compresión	- Kg/cm ²
¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido.	El agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido cumple con las especificaciones normadas.	VARIABLES ESPECÍFICAS VI1: Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido. VD1: Especificaciones normadas.	DIMENSIONES Propiedades de agregados	INDICADORES - Tipo de residuo - Peso específico - Granulometría - Peso unitario - Abrasión	UNIDADES - gr/cm ³ - kg/m ³ - %
¿Se podrá alcanzar la resistencia a la compresión del concreto deseada usando agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido?	Analizar si se podrá alcanzar la resistencia a la compresión deseada usando agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido.	La resistencia a la compresión del concreto usando agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido alcanza la resistencia deseada.	VI2: Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido. VD2: Resistencia deseada.	Resistencia a la compresión	- Resistencia a la compresión	- kg/cm ²
¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido en la producción de concreto nuevo con respecto al uso de material agregado tradicional?	Analizar las ventajas y desventajas del uso de agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido en la producción de concreto nuevo con respecto al uso de material agregado tradicional.	Las ventajas del uso del agregado proveniente de la demolición del pavimento rígido son significativas frente a las desventajas con el uso de agregados convencionales.	VI3: Agregado grueso proveniente de la demolición del pavimento rígido. VD3: Ventaja y desventajas.	Ventajas y Desventajas	- Resistencia a la compresión - Costo de residuo - Cantidad de Residuo	- kg/cm ² - \$/ - %
			CONCLUSIÓN PARCIAL La producción de concreto con incorporación de agregado reciclado, es óptimo si se desea utilizar en concentraciones menores al 40% de agregado reciclado, independientemente del tamaño de grava, si se supera los 40% de agregado reciclado, la resistencia a la compresión disminuye. Las propiedades físicas y mecánicas son similares a las de los agregados naturales.			
			CONCLUSIÓN PARCIAL Los agregados gruesos procedente de la demolición del pavimento rígido presentan características físicas y mecánicas similares a las del agregado natural, excepto la resistencia a la abrasión, en la que se nota una diferencia marcada y restringe su futuro uso.			
			El concreto con incorporación de agregados gruesos reciclados proveniente de la demolición de pavimento rígido alcanzan las resistencias deseadas hasta una concentración menor de 40% para tamaños de gravas de 1/2", 3/4" y 1".			
			El concreto con agregado grueso reciclado proveniente de residuos de demolición de pavimento rígido presenta ventajas en cuanto a su uso ya que hasta concentraciones de 40% de AR se comporta con resistencias similares al concreto producido con agregados naturales. El porcentaje de residuos de demolición se reduce si se dispone de estos para el reciclaje y su reutilización. Presenta desventajas en cuanto al costo de la producción de concreto y esta varía proporcionalmente a la concentración de AR frente al uso de agregados naturales.			

Tabla N° 116 Matriz de consistencia

Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los ensayos practicados a los agregados gruesos provenientes de los residuos de demolición de pavimento rígido, se ha demostrado que estos tienen características físicas y mecánicas similares a las de los agregados naturales, tales como el análisis granulométrico de los agregados en los que predomina el contenido de grava para los agregados naturales, las concentraciones de 20%, 40% y 60% de AR y el 100% de AR; sin embargo, las características tales como el Contenido de Humedad en el que se marca una diferencia considerable entre el agregado natural que es de 0.08 a diferencia de los reciclados que es de 0.32, esto se debe a que los agregados reciclados son más porosos y retienen en mayor medida la humedad, con respecto al Peso Unitario de los agregados, hay una ligera variación cuando se trata de agregados de 1/2" (PU suelto 1.77 y PU compactado 1.90 para los agregados naturales y PU suelto 1.53 y PU compactado 1.66 para los agregados reciclados), sin embargo mientras el agregado es más grueso, las variaciones son más considerables, tal es el caso para el agregado de 1" (PU suelto 1.92 y PU compactado 2.06 para los agregados naturales y PU suelto 1.55 y PU compactado 1.70 para los



agregados reciclados), esto nos revela que el peso unitario de los agregados reciclados mantiene una tendencia constante mientras que para los agregados naturales es linealmente proporcional al tamaño; en cuanto al Peso Específico y la Absorción de los agregados se marca una diferencia considerable entre los agregados naturales y los agregados reciclados independientemente del tamaño del agregado, para $\frac{1}{2}$ " (Abs. 0.80% para los agregados naturales y Abs. 7.30% para los agregados reciclados), para $\frac{3}{4}$ " (Abs. 0.60% para los agregados naturales y Abs. 7.49% para los agregados reciclados), para 1" (Abs. 0.60% para los agregados naturales y Abs. 6.84% para los agregados reciclados), esto se debe a que los agregados reciclados son más porosos y retienen mayor cantidad de agua. La Resistencia a la Abrasión representa una limitante en cuando el fin con el que se planea usar el concreto, ya que mientras se incrementa la concentración de agregado reciclado, se ve una disminución en la resistencia a la abrasión, (20.64% de desgaste para agregados naturales y 34.67% de desgaste para agregados reciclados) lo que valida la información del marco teórico en el que se limita el uso del concreto con agregado reciclado a componentes que no estén expuestos a acciones de desgaste.



- Se concluye que el concreto que incorpora agregado grueso proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido para un diseño de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (factor de resistencia promedio $f'cr=296.68 \text{ kg/cm}^2$) alcanza resistencias similares independientemente del tamaño de agregado que se use, y la resistencia a la compresión es proporcional a la cantidad de agregado reciclado incorporado, de tal manera para realizar las comparaciones se tomó como grupo patrón los especímenes que se elaboraron con agregados naturales que alcanzaron las resistencias de $f'c=325.40 \text{ kg/cm}^2$ para agregado de $\frac{1}{2}$ ", $f'c=318.10 \text{ kg/cm}^2$ para agregado de $\frac{3}{4}$ " y $f'c=314.28 \text{ kg/cm}^2$ para agregado de 1", en base a estos valores, se realizaron las comparaciones de acuerdo a las concentraciones de agregado reciclado, teniendo como resultados para agregados de $\frac{1}{2}$ " + 20% de AR $f'c= 324.16 \text{ kg/cm}^2$, $\frac{1}{2}$ " + 40% de AR $f'c= 279.58 \text{ kg/cm}^2$ y $\frac{1}{2}$ " + 60% de AR $f'c= 262.51 \text{ kg/cm}^2$ que representan el 99.62%, 85.92% y 80.67% de la resistencia deseada correspondientemente; para agregados de $\frac{3}{4}$ " + 20% de AR $f'c= 308.31 \text{ kg/cm}^2$, $\frac{3}{4}$ " + 40% de AR $f'c= 293.15 \text{ kg/cm}^2$ y $\frac{3}{4}$ " + 60% de AR $f'c= 262.78 \text{ kg/cm}^2$ que representan el 96.92%, 92.16% y 82.61% de la resistencia deseada correspondientemente y por ultimo para agregados de 1" + 20%



de AR $f'c= 297.87 \text{ kg/cm}^2$, 1" + 40% de AR $f'c= 293.65 \text{ kg/cm}^2$ y 1" + 60% de AR $f'c= 253.47 \text{ kg/cm}^2$ que representan el 94.78%, 93.44% y 80.65% de la resistencia deseada correspondientemente, sin embargo si se toma como resistencia deseada a la resistencia teórica que es de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ($f'cr=296.68 \text{ kg/cm}^2$) en los tres grupos de estudio (tamaños de agregados $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y 1") en los tres casos las resistencias a la compresión superan a las deseadas en los tres casos al 20% de AR, sin embargo en concentraciones de 40% de AR empiezan a disminuir en un 94.24% para agregado de $\frac{1}{2}$ ", 98.81% para agregado de $\frac{3}{4}$ " y 98.98% para agregado de 1".

- Se ha demostrado que, en cuanto a resistencia del concreto, los concretos producidos a partir de residuos de demolición de pavimento rígido es similar a la resistencia del concreto producido con agregados naturales o vírgenes, sin embargo, esto se limita a una concentración menor al 40% de AR. Se concluye que la obtención del agregado grueso a partir de los residuos de demolición de pavimento rígido es más cara que la obtención de agregados naturales, y por lo consiguiente el concreto producido con agregados reciclados resulta ser más caro que un concreto producido con agregados naturales, y esto varía linealmente de acuerdo a la concentración de agregados



reciclados, es decir a mayor concentración del agregado reciclado, de tal manera se pudo observar que para un m³ de concreto con agregados de ½” con agregados naturales es necesario S/.261.41, mientras que con agregados reciclados es necesario S/. 281.77, para agregados de ¾” con agregados naturales es necesario S/.254.55, mientras que con agregados reciclados es necesario S/. 272.01 y finalmente para agregados de 1” con agregados naturales es necesario S/.245.57, mientras que con agregados reciclados es necesario S/. 259.35; la concentración de agregados reciclados es proporcional a la cantidad que se desea agregar a la mezcla; de la misma manera, el costo aumenta conforme al tamaño de grava que se desea usar disminuye, esto se debe a que para obtener agregados más finos el proceso de habilitación del material es más exhaustivo y por lo consecuente más caro. Además, se observa que una importante cantidad de residuos pueden ser aprovechados para producir concreto nuevo, de esta manera disminuimos la cantidad de residuos vertidos a los botaderos, estos resultados dependerán de la cantidad de agregados reciclados que deseáramos incorporar a nuestras mezclas y estos a su vez el objetivo del uso del concreto.



5.2. SUGERENCIAS

- El concreto producido con agregado grueso proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido puede ser usado en obras civiles, en elementos que no estén expuestos a acciones de desgaste debido a que los agregados reciclados presentan pérdidas de 34.67%, si bien es cierto no supera el 50% de pérdida, esta es una limitante en cuanto a su uso, en cuanto a las otras propiedades de los agregados, se debe realizar mayores investigaciones para determinar el comportamiento frente a condiciones anormales (frio y calor); además de realizar mayores estudios para determinar las propiedades de los agregados reciclados de otros pavimentos con diferentes resistencias a la compresión, condiciones de edad, tránsito, categoría del pavimento, confiabilidad, criterios de comportamiento, serviciabilidad, etc. Y acciones ambientales a las que estuvo expuesto el concreto.
- Si bien es cierto que, durante la investigación, se demuestra que el concreto que incorpora agregados reciclados en diferentes concentraciones puede alcanzar resistencias deseadas, el diseño de mezclas que se usa para lograr las proporciones es para agregados convencionales, resultaría relevante determinar métodos específicos para este tipo de agregados. En la presente



investigación se realizó únicamente el ensayo a la fuerza de compresión en el concreto endurecido, resultaría importante realizar mayores estudios que involucren otros ensayos en el concreto endurecido como resistencia a la tracción, resistencia al corte y concreto fresco tales como segregación, exudación, temperatura, etc.

- Resulta importante que, durante el proceso de reciclaje del concreto, la cantidad de residuos que inicialmente iban a parar a botaderos clandestinos se reutilizan, esto conlleva favorablemente a la conservación del medio ambiente; sin embargo, resultaría importante realizar estudios de impactos ambientales durante el proceso de separación de los materiales. Para efectos de esta investigación, el proceso de separación y habilitación del agregado reciclado se hizo de forma manual, esto conlleva a mayores costos al tiempo de producir el concreto, de tal manera se recomienda realizar mayores estudios con diferentes procesos de separación y habilitación del agregado reciclado para determinar los costos que estos conllevarían.



BIBLIOGRAFÍA

- CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. (2009). RECICLADO DEL CONCRETO. Washington, D.C.
- Domínguez, A. & Martínez, E. (2007). Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.
- ACI. (1997). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91).
- ACI 214-77. (1977). Standard Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete.
- ACI 555R-01. (2001). Removal and Reuse of Hardened Concrete.
- Arriaga Tafurth, L. E. (2013). Utilización de agregado grueso de concreto reciclado en elementos estructurales de concreto reciclado. Trabajo de Grado presentado para obtener Maestría en Ingeniería Civil Énfasis en Estructuras. Bogotá D.C.
- ASOCEM. (2018). PANORAMA MUNDIAL DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO. ASOCEM.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2015). Informe Económico y Social Región Huánuco. Huánuco.
- Borja Suárez, M. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo.
- CEN - EN 13242. (2002). Aggregates unbound and hydraulically bound for use in civil engineering Works and road construction.
- Chávez Porras, Á., Guarín Cortes, N., & Cortes Duarte, M. (2013). Determinación de Propiedades Físico-Químicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de Bogotá D.C. REVISTA INGENIERÍAS - UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN, 45-57.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2008). NTP 339.034. Lima, Perú.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2009). NTP 339.035. Lima.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2006). NTP 339.047. Lima.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2013). NTP 339.183. Lima.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2008). NTP 400.011. Lima.



- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2013). NTP 400.012. Lima.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2013). NTP 400.018. Lima.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2002). NTP 400.021. Lima.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2014). NTP 400.037. Lima.
- ESTUARDO MORALES, G. (2012). ESTADÍSTICA Y PROBABILIDADES. Concepción: Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Flavio Abanto Castillo. (1996). Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas). Lima: San Marcos.
- Gerardo A. Rivera L. (2015). Concreto Simple. Cauca: Universidad del Cauca.
- Guía AASHTO. (1993). Diseño de estructuras de pavimentos.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. México D.F.: Mc Graw Gil.
- INEI. (2017). Lima.
- JIMENES MONTOYA, P., GARCIA MESEGUER, A., & MORAN CABRE, F. (2000). Hormigón Armado. Barcelona: Gustavo Pili.
- MARTÍNEZ-LAGE, I. (2006). Estudios sobre los residuos de construcción y demolición en Galicia: método de estimación de la producción anual y usos posibles para su reciclaje. Tesis Doctoral. Coruña: Universidad de Coruña.
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2011). Diseño de Concreto Reforzado. México: Alfaomega.
- MINISTERIO DE VIVIENDA. (2000). LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS LEY N° 27314. Lima.
- MINISTERIO DE VIVIENDA. (2013). Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, DS N° 003-2013-VIVIENDA. Lima.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2016). PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS 2016-2024. Lima.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2017). Reglamento del Decreto Legislativo N°1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, DS N°014-2017-MINAM. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2014). Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la gestión del ámbito Municipal y No Municipal 2013. Lima.



- MTC. (2014). MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO MTC E 108 - 2000. Lima.
- PASQUEL CARBAJAL, E. (1998). TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO EN EL PERÚ. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional.
- Quiroz Crespo, M. V., & Salamanca Osuna, L. E. (2006). Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón". Trabajo Dirigido para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil. Cochabamba.
- Rivva López, E. (1992). Diseño de Mezclas. Lima.
- Ruelas Paredes, E. C. (2015). "USO DE PAVIMENTO RÍGIDO RECICLADO DE LA CIUDAD DE PUNO, COMO AGREGADO GRUESO PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO". Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- SOTO IZQUIERDO, I., SOTO IZQUIERDO, O., PAVÓN DE LA FÉ, E., & DÍAS BRITO, N. (2009). USO DE LOS RCDs COMO ÁRIDOS RECICLADOS Y SU EMPLEO EN HORMIGONES ESTRUCTURALES. *Pesquisa e Tecnología MINERVA*, 237-245.
- Suca, N. L. (2014). Metodología de la investigación científica y tecnológica en la ingeniería civil. Puno: Sagitario Impresores.
- Vidaud, I., Castaño, T., & Vidaud, E. (2013). Concreto sustentable ¿mito o realidad? *Construcción y Tecnología en concreto*.
- Zapata Coacalla, T. (2007). Efecto del cemento puzolánico IP y acelerante de fragua, en un concreto expuesto a clima híbrido en su resistencia final de diseño. Puno: UNAP.
- Expediente Técnico "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS ZONA URBANA DEL DISTRITO DE HUÁNUCO PROVINCIA DE HUÁNUCO - HUÁNUCO", ETAPA AV. ALFONSO UGARTE CDRA. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.



ANEXOS

ANEXO 1:

REGISTRO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS,
ENSAYOS DE LOS AGREGADOS, ENSAYOS EN
CONCRETO FRESCO Y ENSAYO EN
CONCRETO ENDURECIDO.

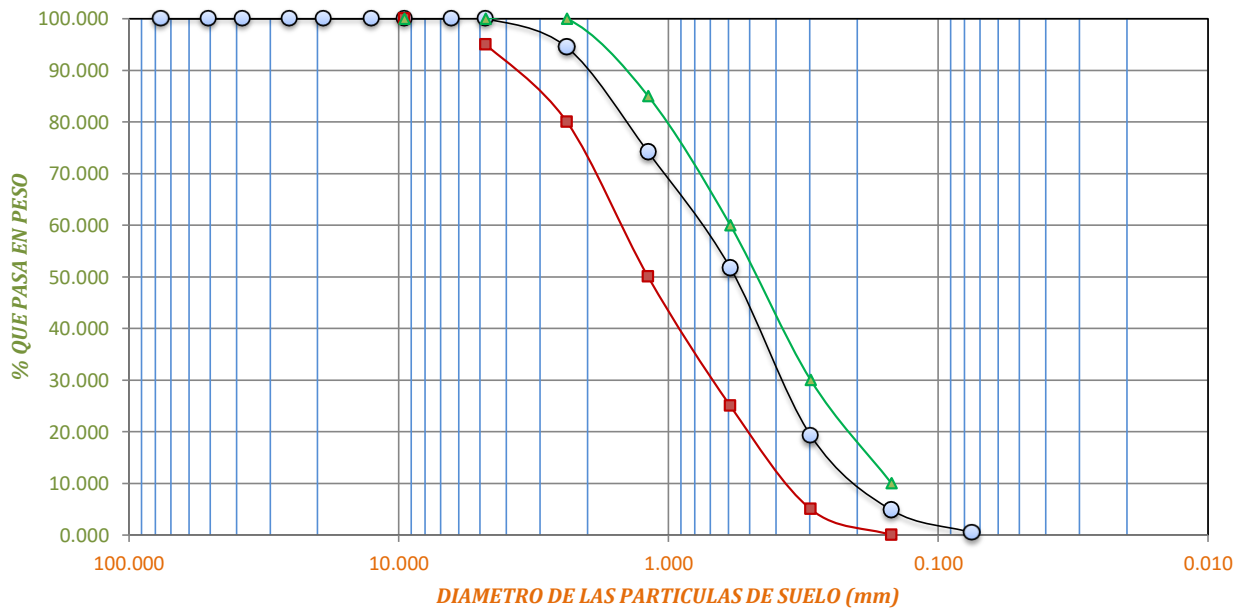
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO FINO
CERTIFICADO N° : 1.00

PESO SECO 5,000.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 4,831.00 gr 0.11% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000	DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 99.52% de material Granular
2"	50.800	0.000	0.000	0.000	100.000	
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000	
% DE CONTENIDO						
1/2"	12.700	0.000	0.000	0.000	100.000	Contenido de Grava (%) = 0.00%
3/8"	9.525	0.000	0.000	0.000	100.000	Contenido de Arena (%) = 99.52%
1/4"	6.350	0.000	0.000	0.000	100.000	Contenido de Limo Arcilla = 0.48%
N° 04	4.760	0.000	0.000	0.000	100.000	Limite Liquido = N.P
N° 08	2.380	267.870	5.551	5.551	94.449	Limite Plastico = N.P
N° 16	1.190	979.260	20.293	25.844	74.156	Indice de Plasticidad = N.P
N° 30	0.590	1082.650	22.436	48.280	51.720	
N° 50	0.297	1565.990	32.452	80.732	19.268	
N° 100	0.149	696.100	14.425	95.157	4.843	% RET. TAMIZ N° 200 = 0.48%
N° 200	0.075	210.600	4.364	99.522	0.478	Modulo de Fineza = 2.56
CAZOLETA	0.000	23.080	0.478	100.000	0.000	CLASIFICACION SUCS: OK
TOTAL		4825.550	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



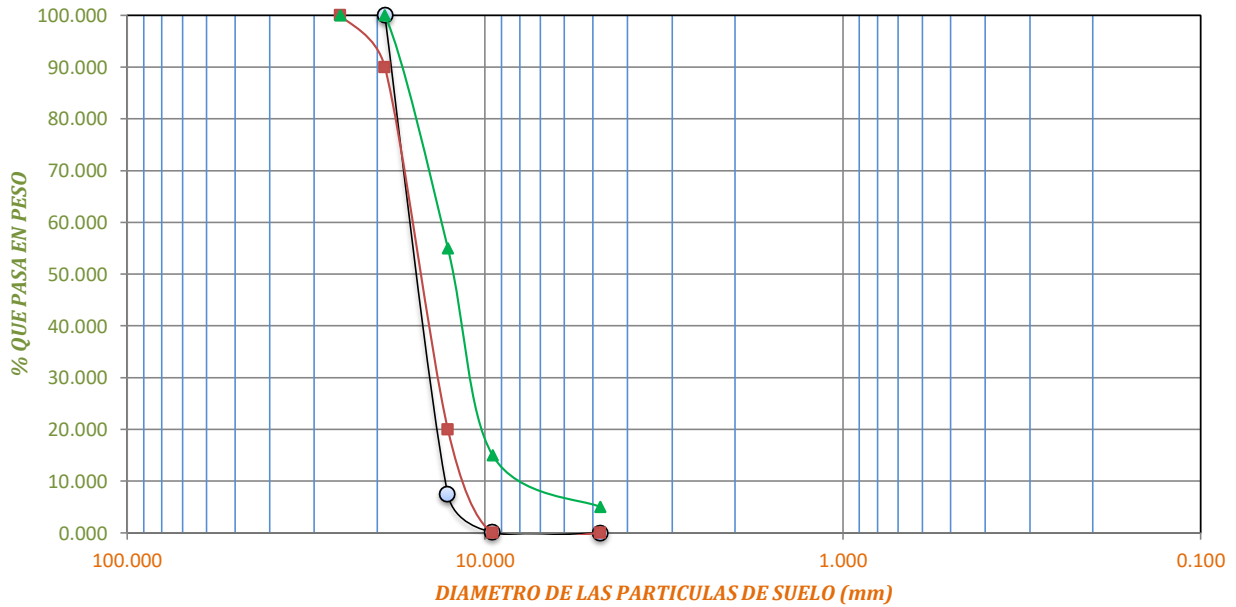
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1/2" + 0% AR
CERTIFICADO N° : 2.00

PESO SECO 2,004.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 2,001.00 gr 0.05% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.700	1851.926	92.596	92.596	7.404	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	146.073	7.304	99.900	0.100	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	2.001	0.100	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	1.000				Modulo de Fineza = 7.00
TOTAL		2000.000	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



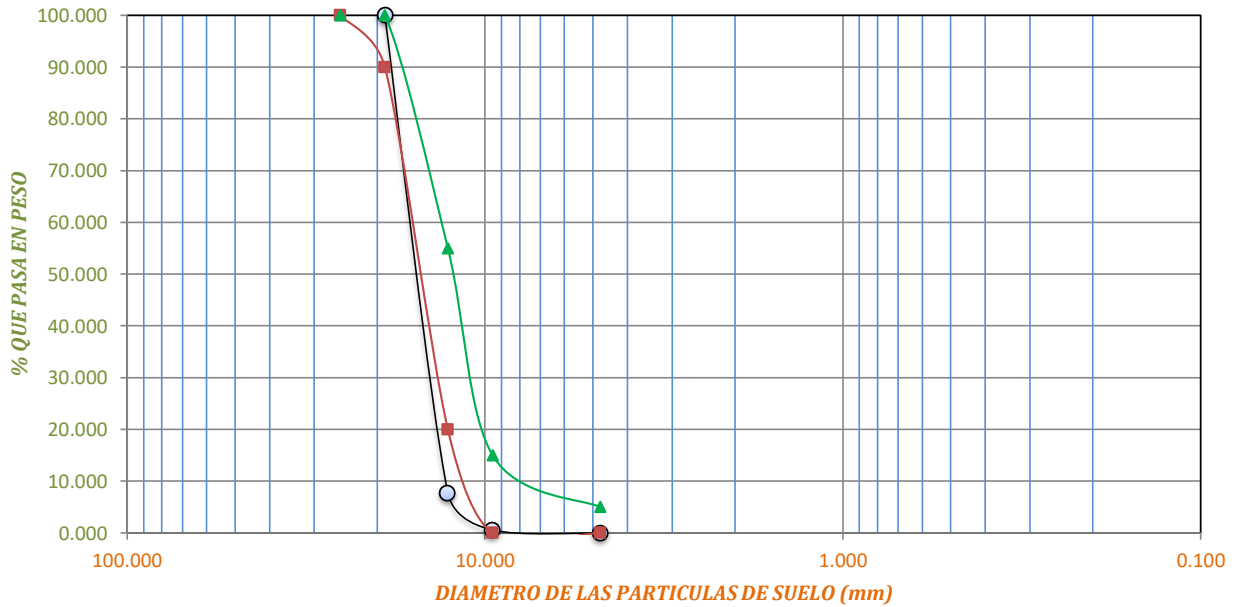
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1/2" + 20% AR
CERTIFICADO N° : 3.00

PESO SECO 2,194.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 2,181.00 gr 0.02% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.700	2011.923	92.269	92.269	7.731	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	156.072	7.158	99.426	0.574	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	12.506	0.574	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	1.000				Modulo de Fineza = 6.99
TOTAL		2180.500	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco

MUESTRA : AGREGADO Ø 1/2" + 40% AR

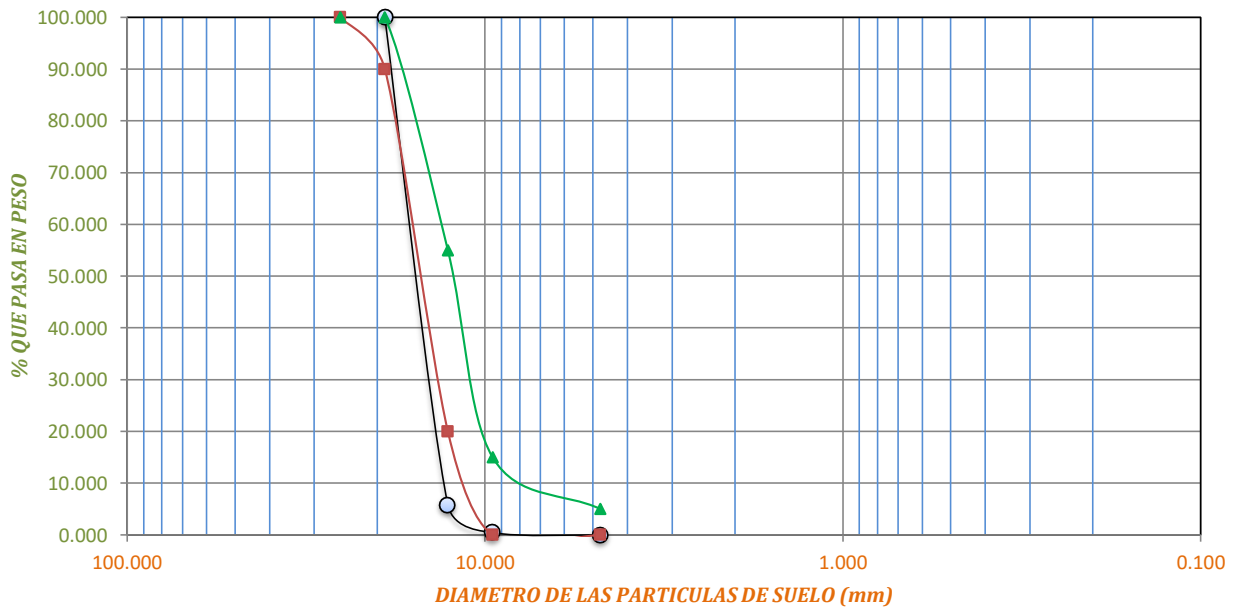
CERTIFICADO N° : 4.00

PESO SECO 2,258.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**

PESO LAVADO 2,231.00 gr 0.04% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.700	2100.826	94.207	94.207	5.793	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	119.160	5.344	99.551	0.449	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	10.014	0.449	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	3.000				Modulo de Fineza = 7.00
TOTAL		2230.000	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco

MUESTRA : AGREGADO Ø 1/2" + 60% AR

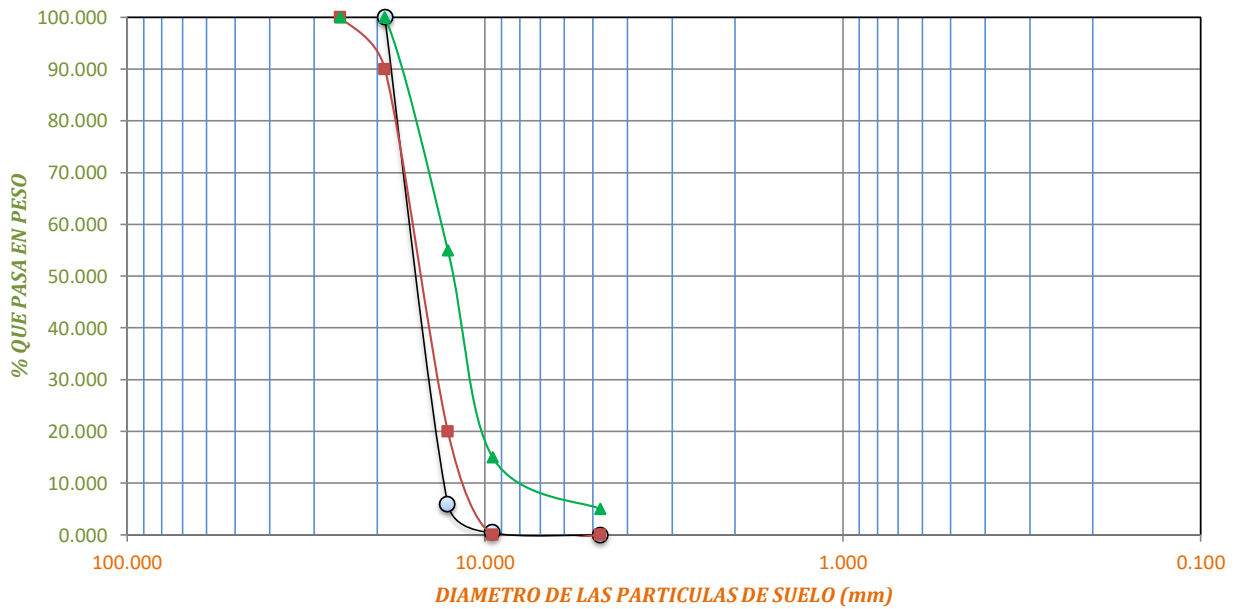
CERTIFICADO N° : 5.00

PESO SECO 2,256.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**

PESO LAVADO 2,217.00 gr 0.00% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.700	2085.882	94.086	94.086	5.914	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	123.111	5.553	99.639	0.361	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	8.007	0.361	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	2.000				Modulo de Fineza = 7.00
TOTAL		2217.000	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



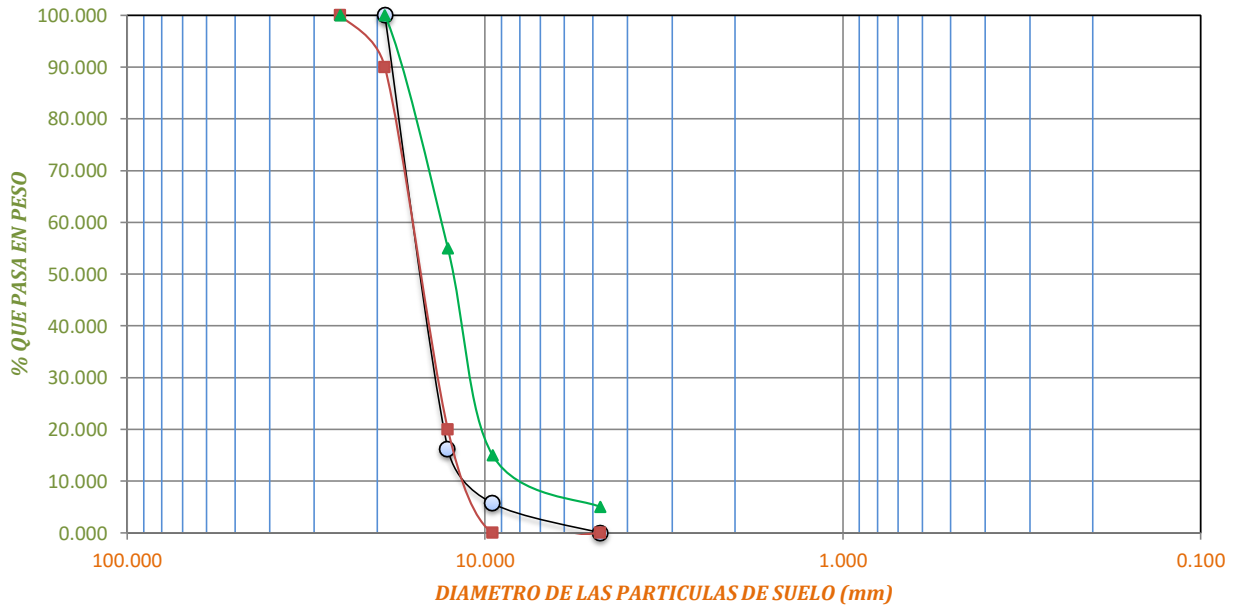
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1/2" + 100% AR
CERTIFICADO N° : 6.00

PESO SECO 2,256.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 2,087.50 gr 0.02% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.700	1748.513	83.781	83.781	16.219	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	219.315	10.509	94.290	5.710	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	119.171	5.710	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	3.000				Modulo de Fineza = 6.94
TOTAL		2087.000	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco

MUESTRA : AGREGADO Ø 3/4" + 0% AR

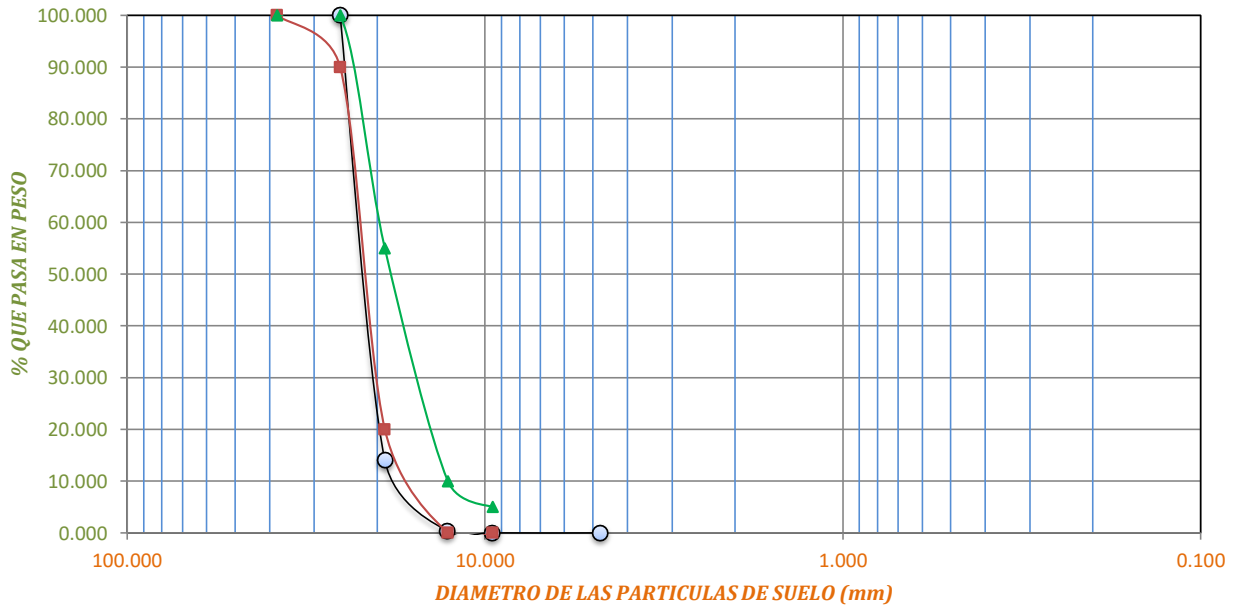
CERTIFICADO N° : 7.00

PESO SECO 5,060.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**

PESO LAVADO 5,045.00 gr 0.01% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.050	4337.720	85.989	85.989	14.011	
1/2"	12.700	692.275	13.723	99.712	0.288	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	14.006	0.278	99.990	0.010	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	0.500	0.010	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	2.000				Modulo de Fineza = 7.00
TOTAL		5044.500	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



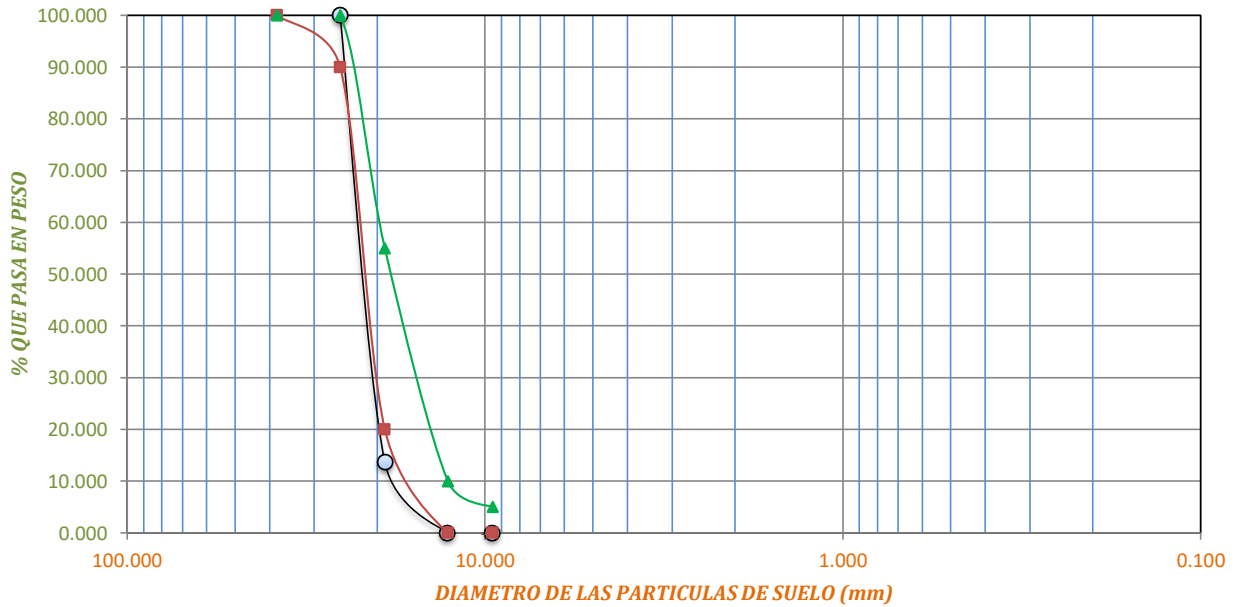
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 3/4" + 20% AR
CERTIFICADO N° : 8.00

PESO SECO 5,062.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 5,012.00 gr 0.01% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.050	4328.728	86.376	86.376	13.624	
1/2"	12.700	678.771	13.544	99.920	0.080	
						% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	4.002	0.080	100.000	0.000	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760					Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	2.000				Modulo de Fineza = 7.00
TOTAL		5011.500	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco

MUESTRA : AGREGADO Ø 3/4" + 40% AR

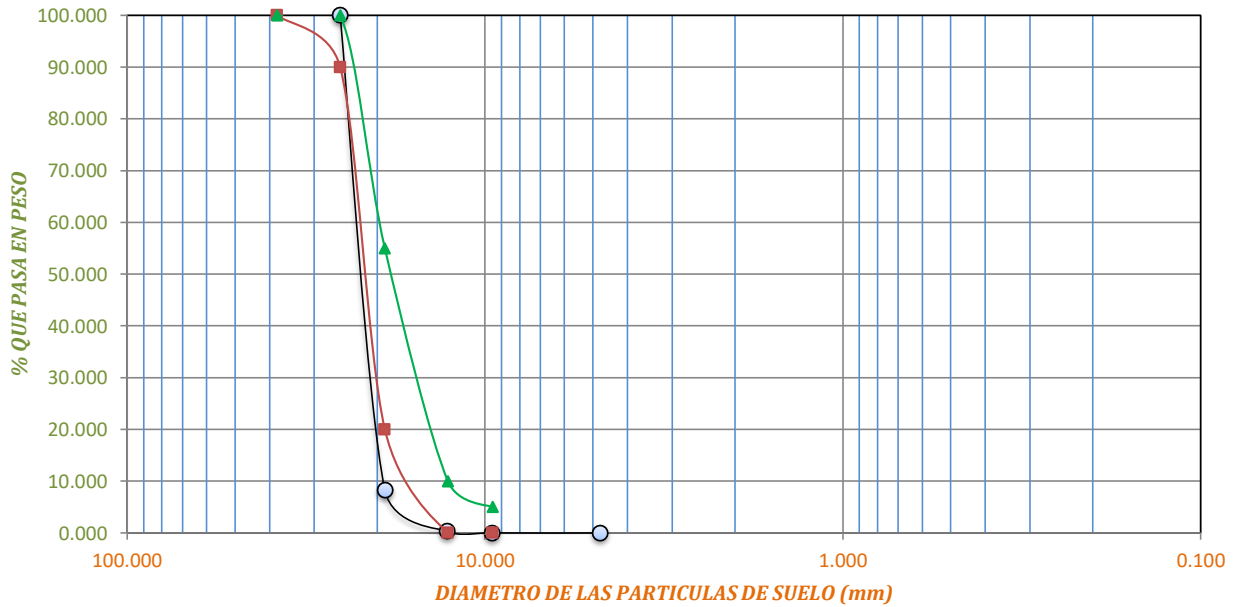
CERTIFICADO N° : 9.00

PESO SECO 5,192.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**

PESO LAVADO 5,104.50 gr 0.01% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.050	4681.669	91.722	91.722	8.278	
1/2"	12.700	406.318	7.960	99.682	0.318	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	16.013	0.314	99.996	0.004	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	0.200	0.004	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	4.000				Modulo de Fineza = 7.00
TOTAL		5104.200	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco

MUESTRA : AGREGADO Ø 3/4" + 60% AR

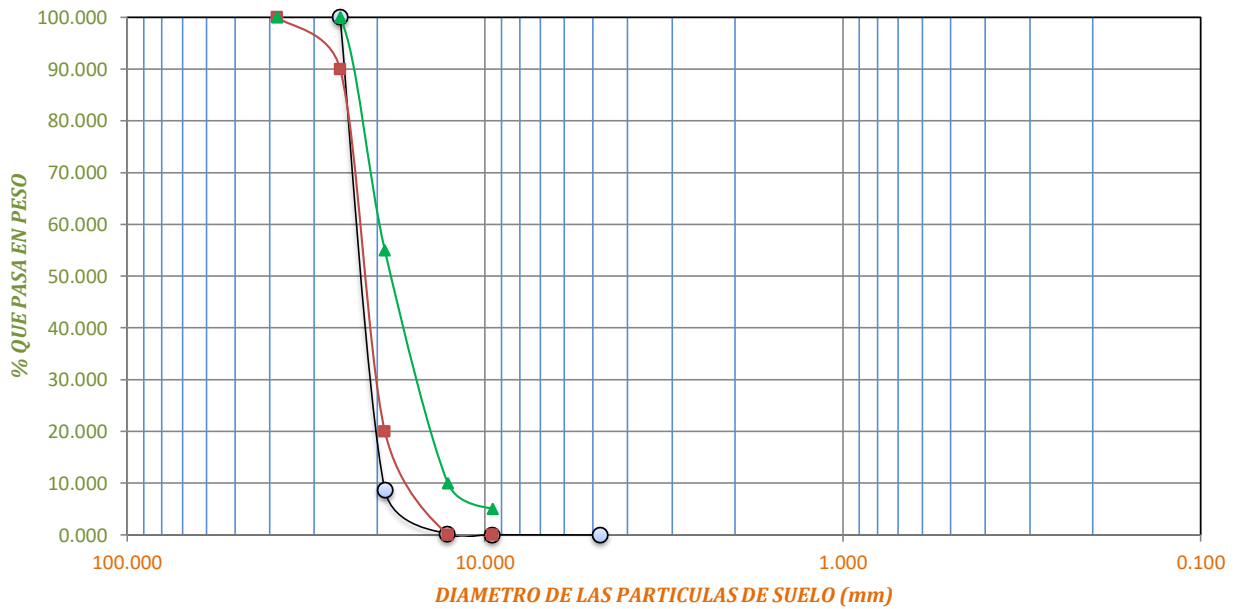
CERTIFICADO N° : 10.00

PESO SECO 5,078.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**

PESO LAVADO 4,953.50 gr 0.06% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.050	4521.654	91.337	91.337	8.663	
1/2"	12.700	421.340	8.511	99.848	0.152	% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	6.005	0.121	99.970	0.030	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	1.501	0.030	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	4.000				Modulo de Fineza = 7.00
TOTAL		4950.500	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



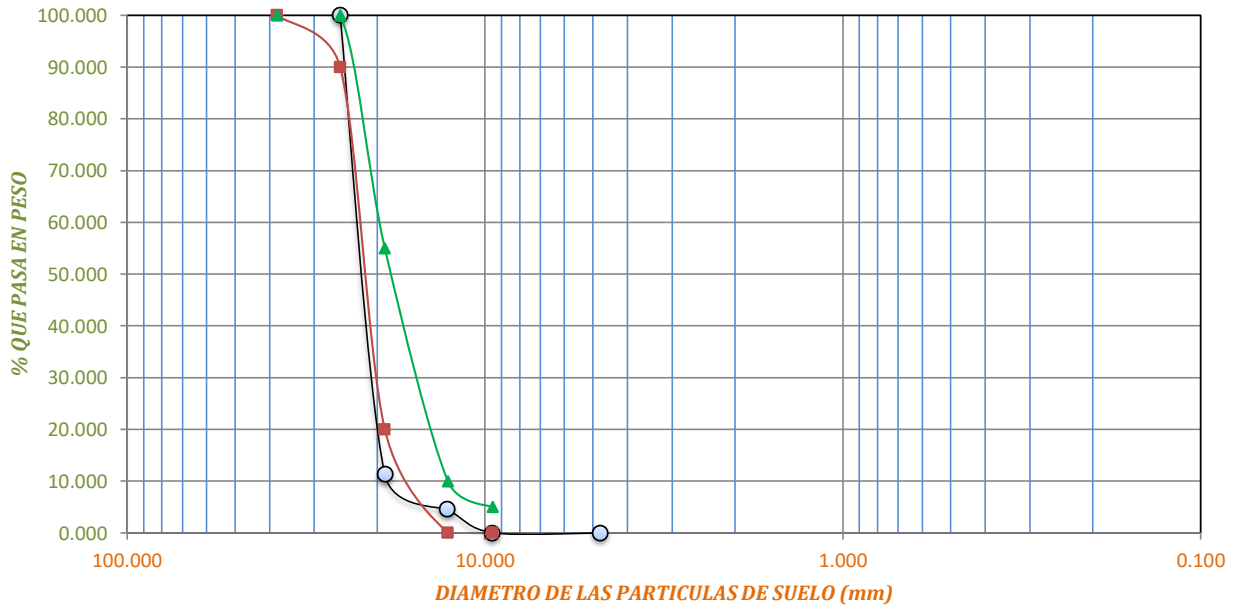
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 3/4" + 100% AR
CERTIFICADO N° : 11.00

PESO SECO 5,062.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 4,876.00 gr 0.03% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.050	4326.106	88.750	88.750	11.250	
1/2"	12.700	330.237	6.775	95.525	4.475	
						% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	216.155	4.434	99.959	0.041	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	2.001	0.041	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	3.500				Modulo de Fineza = 6.96
TOTAL		4874.500	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



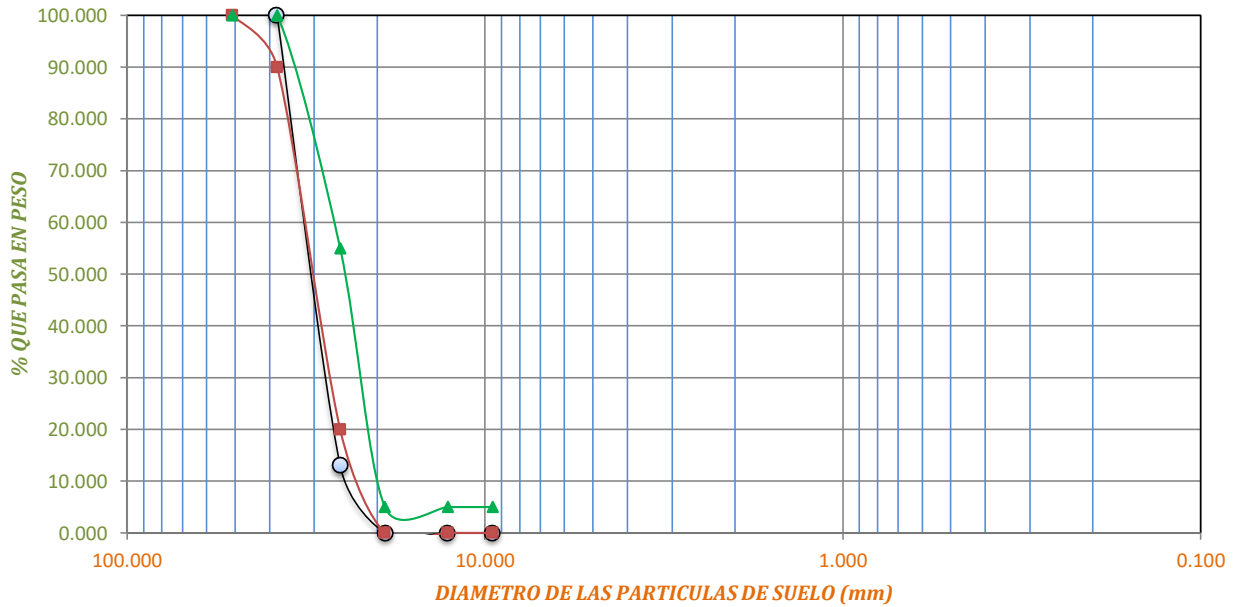
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1" + 0% AR
CERTIFICADO N° : 12.00

PESO SECO 10,116.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 10,110.00 gr 0.04% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	8791.740	86.995	86.995	13.005	
3/4"	19.050	1312.260	12.985	99.980	0.020	
1/2"	12.700	0.000	0.000	99.980	0.020	
3/8"	9.525	2.000	0.020	100.000	0.000	% DE CONTENIDO
N° 04	4.760					Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 08	2.380					Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 16	1.190					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 30	0.590					Limite Liquido = N.P
N° 50	0.297					Limite Plastico = N.P
N° 200	0.075					Indice de Plasticidad = N.P
CAZOLETA	0.000	2.000				% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
TOTAL		10106.000	100.000			Modulo de Fineza = 7.00

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



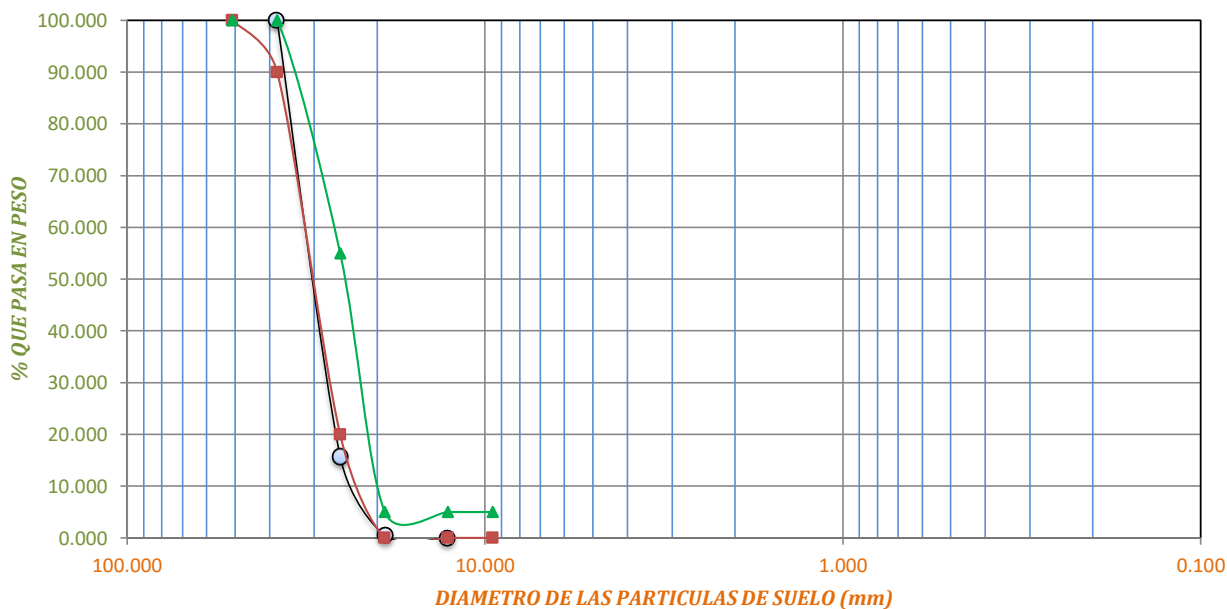
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1" + 20% AR
CERTIFICADO N° : 13.00

PESO SECO 10,412.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 10,356.00 gr 0.05% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	8721.685	84.259	84.259	15.741	
3/4"	19.050	1580.305	15.267	99.527	0.473	
1/2"	12.700	49.010	0.473	100.000	0.000	
3/8"	9.525					% DE CONTENIDO
N° 04	4.760					Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 08	2.380					Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 16	1.190					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 30	0.590					Limite Liquido = N.P
N° 50	0.297					Limite Plastico = N.P
N° 200	0.075					Indice de Plasticidad = N.P
CAZOLETA	0.000	2.000				% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
TOTAL		10351.000	100.000			Modulo de Fineza = 7.00

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



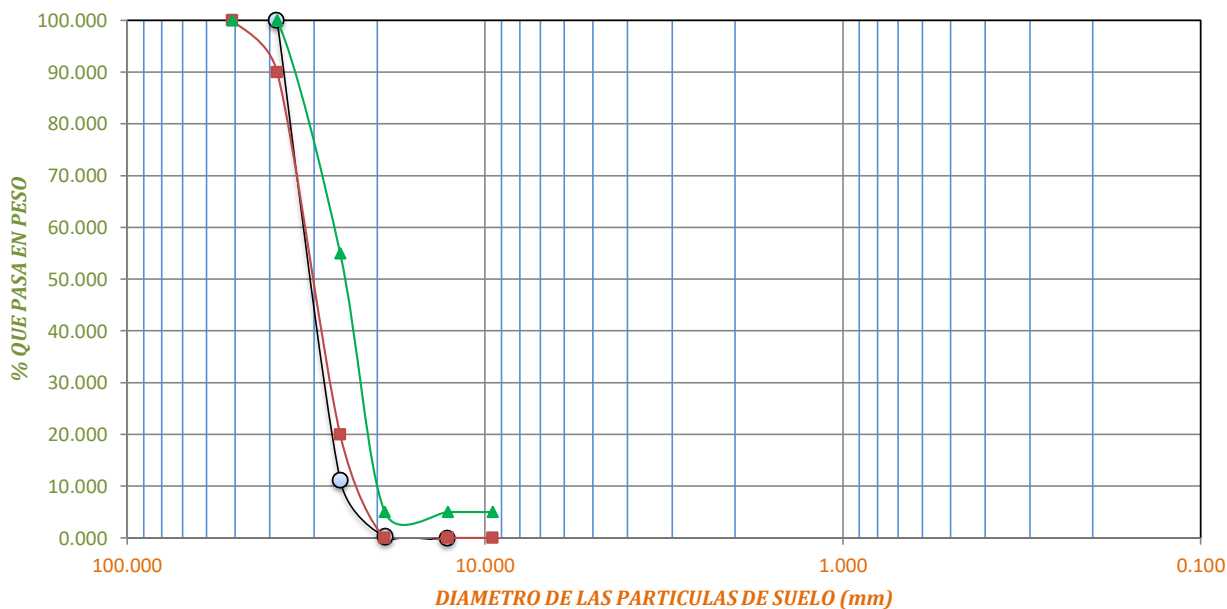
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1" + 40% AR
CERTIFICADO N° : 14.00

PESO SECO 10,396.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 10,278.00 gr 0.00% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	9127.552	88.807	88.807	11.193	
3/4"	19.050	1126.438	10.960	99.766	0.234	
1/2"	12.700	24.009	0.234	100.000	0.000	
3/8"	9.525					% DE CONTENIDO
N° 04	4.760					Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 08	2.380					Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 16	1.190					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 30	0.590					Limite Liquido = N.P
N° 50	0.297					Limite Plastico = N.P
N° 200	0.075					Indice de Plasticidad = N.P
CAZOLETA	0.000	4.000				% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
TOTAL		10278.000	100.000			Modulo de Fineza = 7.00

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



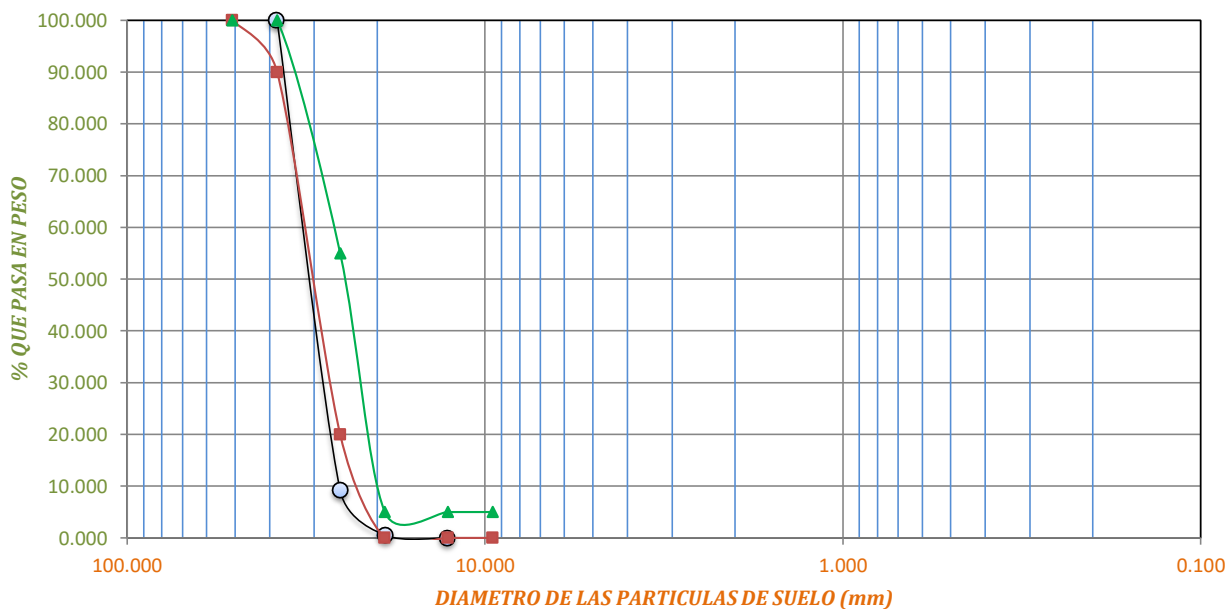
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1" + 60% AR
CERTIFICADO N° : 15.00

PESO SECO 10,388.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 10,376.00 gr 0.05% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	949.450	90.825	90.825	9.175	
3/4"	19.050	893.517	8.616	99.440	0.560	
1/2"	12.700	58.034	0.560	100.000	0.000	
3/8"	9.525					% DE CONTENIDO
N° 04	4.760					Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 08	2.380					Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 16	1.190					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 30	0.590					Limite Liquido = N.P
N° 50	0.297					Limite Plastico = N.P
N° 200	0.075					Indice de Plasticidad = N.P
CAZOLETA	0.000	6.000				% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
TOTAL		10371.000	100.000			Modulo de Fineza = 6.99

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



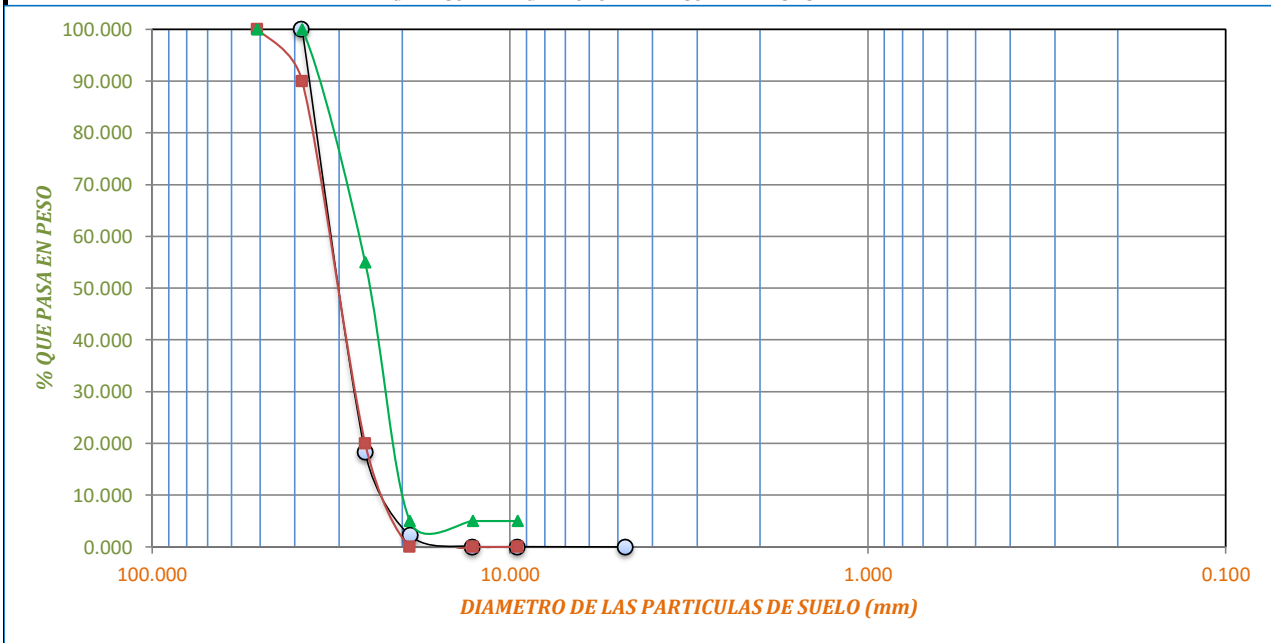
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.037

PROYECTO : TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"
TESISTA : Keyth Dany TARAZONA BERAÚN
UBICACIÓN : Laboratorio Especializado de geotecnia, pavimentos y ensayo de materiales, Pillcomarca - Huánuco
MUESTRA : AGREGADO Ø 1" + 100% AR
CERTIFICADO N° : 16.00

PESO SECO 10,374.00 gr **PÉRDIDA PARA VALIDAR EL ENSAYO**
PESO LAVADO 10,353.00 gr 0.04% < 0.30%

TAMIZ N°	DIAMETRO mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
2"	50.800					DESCRIPCION DE LA MUESTRA Grava Limosa con 100.00% de material Granular
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	8454.536	81.694	81.694	18.306	
3/4"	19.050	1663.286	16.072	97.766	2.234	
1/2"	12.700	224.173	2.166	99.932	0.068	
						% DE CONTENIDO
3/8"	9.525	2.002	0.019	99.952	0.048	Contenido de Grava (%) = 100.00%
N° 04	4.760	5.004	0.048	100.000	0.000	Contenido de Arena (%) = 0.00%
N° 08	2.380					Contenido de Limo Arcilla = 0.00%
N° 16	1.190					Limite Liquido = N.P
N° 30	0.590					Limite Plastico = N.P
N° 50	0.297					Indice de Plasticidad = N.P
N° 200	0.075					% RET. TAMIZ N° 200 = 0.00%
CAZOLETA	0.000	8.000				Modulo de Fineza = 6.98
TOTAL		10349.000	100.000			

GRAFICO DE LA GRANULOMETRIA CON MALLAS ESTANDAR



CONTENIDO DE HUMEDAD - EM 2000, MTC E108-2000

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

AGREGADO FINO			
N° Tara	M-1	M-2	M-3
W. Tara	507.00	412.00	516.00
W. Tara + M.H.	2,507.00	2,412.00	2,516.00
W. M.H.	2,000.00	2,000.00	2,000.00
W. Tara + M.Seca	2,503.00	2,411.00	2,513.00
W. Muestra Seca	1,996.00	1,999.00	1,997.00
W Agua	4.00	1.00	3.00
Cont. Humedad	0.20	0.05	0.15
C.H. Promedio	0.13		

AGREGADO GRUESO Ø 1/2", 3/4" y 1"			
N° Tara	M-1	M-2	M-3
W. Tara	411.00	512.00	532.00
W. Tara + M.H.	2,415.00	2,519.00	2,535.00
W. M.H.	2,004.00	2,007.00	2,003.00
W. Tara + M.Seca	2,413.00	2,517.00	2,534.00
W. Muestra Seca	2,002.00	2,005.00	2,002.00
W Agua	2.00	2.00	1.00
Cont. Humedad	0.10	0.10	0.05
C.H. Promedio	0.08		

AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1/2", 3/4" y 1"			
N° Tara	M-1	M-2	M-3
W. Tara	464.00	408.00	416.00
W. Tara + M.H.	2,467.00	2,409.00	2,417.00
W. M.H.	2,003.00	2,001.00	2,001.00
W. Tara + M.Seca	2,462.00	2,404.00	2,408.00
W. Muestra Seca	1,998.00	1,996.00	1,992.00
W Agua	5.00	5.00	9.00
Cont. Humedad	0.25	0.25	0.45
C.H. Promedio	0.32		

PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS EM 2000, MTC E 203-2000

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO		
N° Muestra	M-1	M-2	M-3
Diametro del molde (cm)	15.20	15.20	15.20
Altura del molde (cm)	15.40	15.40	15.40
Peso del Molde (gr)	1,783.00	1,783.00	1,783.00
Volumen del Molde (cm ³)	2,794.46	2,794.46	2,794.46
W. Molde + Masa Suelta (gr)	6,079.00	6,008.00	5,997.00
W. Molde + Masa Comp. (gr)	6,421.00	6,468.00	6,482.00
W. Promedio Suelto (gr)	6,028.00		
W. Promedio Compact (gr)	6,457.00		
PU. Suelto (gr/cm ³)	2.16		
PU. Compactado (gr/cm ³)	2.31		

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO GRUESO Ø 1/2"		
N° Muestra	M-1	M-2	M-3
Diametro del molde (cm)	25.30	25.30	25.30
Altura del molde (cm)	27.90	27.90	27.90
Peso del Molde (gr)	5,833.00	5,833.00	5,833.00
Volumen del Molde (cm ³)	14,026.04	14,026.04	14,026.04
W. Molde + Masa Suelta (gr)	24,700.00	24,812.00	25,062.00
W. Molde + Masa Comp. (gr)	26,459.00	26,888.00	26,691.00
W. Promedio Suelto (gr)	24,858.00		
W. Promedio Compact (gr)	26,679.33		
PU. Suelto (gr/cm ³)	1.77		
PU. Compactado (gr/cm ³)	1.90		

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO GRUESO Ø 1"		
N° Muestra	M-1	M-2	M-3
Diametro del molde (cm)	25.30	25.30	25.30
Altura del molde (cm)	27.90	27.90	27.90
Peso del Molde (gr)	5,833.00	5,833.00	5,833.00
Volumen del Molde (cm ³)	14,026.04	14,026.04	14,026.04
W. Molde + Masa Suelta (gr)	26,798.00	26,920.00	26,915.00
W. Molde + Masa Comp. (gr)	29,026.00	28,900.00	28,945.00
W. Promedio Suelto (gr)	26,877.67		
W. Promedio Compact (gr)	28,957.00		
PU. Suelto (gr/cm ³)	1.92		
PU. Compactado (gr/cm ³)	2.06		

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1/2"		
N° Muestra	M-1	M-2	M-3
Diametro del molde (cm)	25.30	25.30	25.30
Altura del molde (cm)	27.90	27.90	27.90
Peso del Molde (gr)	5,833.00	5,833.00	5,833.00
Volumen del Molde (cm ³)	14,026.04	14,026.04	14,026.04
W. Molde + Masa Suelta (gr)	21,505.00	21,409.00	21,332.00
W. Molde + Masa Comp. (gr)	23,241.00	23,303.00	23,437.00
W. Promedio Suelto (gr)	21,415.33		
W. Promedio Compact (gr)	23,327.00		
PU. Suelto (gr/cm ³)	1.53		
PU. Compactado (gr/cm ³)	1.66		

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 1"		
N° Muestra	M-1	M-2	M-3
Diametro del molde (cm)	25.30	25.30	25.30
Altura del molde (cm)	27.90	27.90	27.90
Peso del Molde (gr)	5,833.00	5,833.00	5,833.00
Volumen del Molde (cm ³)	14,026.04	14,026.04	14,026.04
W. Molde + Masa Suelta (gr)	21,794.00	21,620.00	21,691.00
W. Molde + Masa Comp. (gr)	23,714.00	23,955.00	23,818.00
W. Promedio Suelto (gr)	21,701.67		
W. Promedio Compact (gr)	23,829.00		
PU. Suelto (gr/cm ³)	1.55		
PU. Compactado (gr/cm ³)	1.70		

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO GRUESO Ø 3/4"		
N° Muestra	M-1	M-2	M-3
Diametro del molde (cm)	25.30	25.30	25.30
Altura del molde (cm)	27.90	27.90	27.90
Peso del Molde (gr)	5,833.00	5,833.00	5,833.00
Volumen del Molde (cm ³)	14,026.04	14,026.04	14,026.04
W. Molde + Masa Suelta (gr)	25,269.00	25,450.00	25,506.00
W. Molde + Masa Comp. (gr)	27,296.00	27,497.00	27,385.00
W. Promedio Suelto (gr)	25,408.33		
W. Promedio Compact (gr)	27,392.67		
PU. Suelto (gr/cm ³)	1.81		
PU. Compactado (gr/cm ³)	1.95		

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO GRUESO RECICLADO Ø 3/4"		
N° Muestra	M-1	M-2	M-3
Diametro del molde (cm)	25.30	25.30	25.30
Altura del molde (cm)	27.90	27.90	27.90
Peso del Molde (gr)	5,833.00	5,833.00	5,833.00
Volumen del Molde (cm ³)	14,026.04	14,026.04	14,026.04
W. Molde + Masa Suelta (gr)	21,920.00	21,980.00	22,084.00
W. Molde + Masa Comp. (gr)	23,884.00	24,050.00	24,012.00
W. Promedio Suelto (gr)	21,994.67		
W. Promedio Compact (gr)	23,982.00		
PU. Suelto (gr/cm ³)	1.57		
PU. Compactado (gr/cm ³)	1.71		

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS FINOS EM 2000, MTC E 205-2000

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

DATOS	
Peso de la Arena S.S.S. (gr)	350.00
Peso del Balon Seco (gr)	151.47
Peso de la Arena S.S.S. + Peso del Balon (gr)	501.47
Peso Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso Agua (gr)	866.45
Peso del Agua (gr)	364.98
Peso de la Tara (gr)	0.00
Peso de la Tara + Arena Seca (gr)	344.34
Peso de la Arena Seca (gr)	344.34
Volumen del Balon (cm ³)	500.00
Peso Especifico Aparente (gr/cm ³)	2.55
Peso Especifico Aparente S.S.S. (gr/cm ³)	2.55
Peso Especifico Nominal (gr/cm ³)	2.66
Porcentaje de Absorcion(%)	1.64

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS GRUESO EM 2000, MTC E 206-2000

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

AGREGADO GRUESO Ø1/2" - 0% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	994.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,002.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	613.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.56
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.61
Absorcion (%)	0.80

AGREGADO GRUESO Ø1/2" - 40% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	970.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,002.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	581.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.30
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.49
Absorcion (%)	3.30

AGREGADO GRUESO Ø1/2" - 100% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	932.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,000.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	557.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.10
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.49
Absorcion (%)	7.30

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 0% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	996.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,002.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	607.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.52
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.56
Absorcion (%)	0.60

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 40% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	968.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,002.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	583.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.31
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.51
Absorcion (%)	3.51

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 100% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	934.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,004.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	555.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.08
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.46
Absorcion (%)	7.49

AGREGADO GRUESO Ø1" - 0% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	998.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,004.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	613.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.55
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.59
Absorcion (%)	0.60

AGREGADO GRUESO Ø1/2" - 20% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	982.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,000.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	589.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.39
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.50
Absorcion (%)	1.83

AGREGADO GRUESO Ø1/2" - 60% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	954.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	998.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	571.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.23
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.49
Absorcion (%)	4.61

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 20% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	978.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,000.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	597.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.43
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.57
Absorcion (%)	2.25

AGREGADO GRUESO Ø3/4" - 60% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	968.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,008.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	581.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.27
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.50
Absorcion (%)	4.13

AGREGADO GRUESO Ø1" - 20% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	982.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,004.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	599.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.42
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.56
Absorcion (%)	2.24

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS GRUESO EM 2000, MTC E 206-2000

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

AGREGADO GRUESO Ø1" - 40% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	974.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,000.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	531.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.08
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.20
Absorcion (%)	2.67

AGREGADO GRUESO Ø1" - 100% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	936.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,000.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	559.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.12
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.48
Absorcion (%)	6.84

AGREGADO GRUESO Ø1" - 60% AR	
Peso en el Aire seca (gr)	966.00
Peso en el Aire de la Muestra Saturada Superficie Seca (gr)	1,000.00
Peso Sumergido en Agua de la Muestra Saturada (gr)	585.00

Peso Especifico Aparente (Saturado con Superficie Seca)	2.33
Peso Especifico Nominal (gr/cm3)	2.54
Absorcion (%)	3.52

ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") - EM 2000, MTC E 207-2000

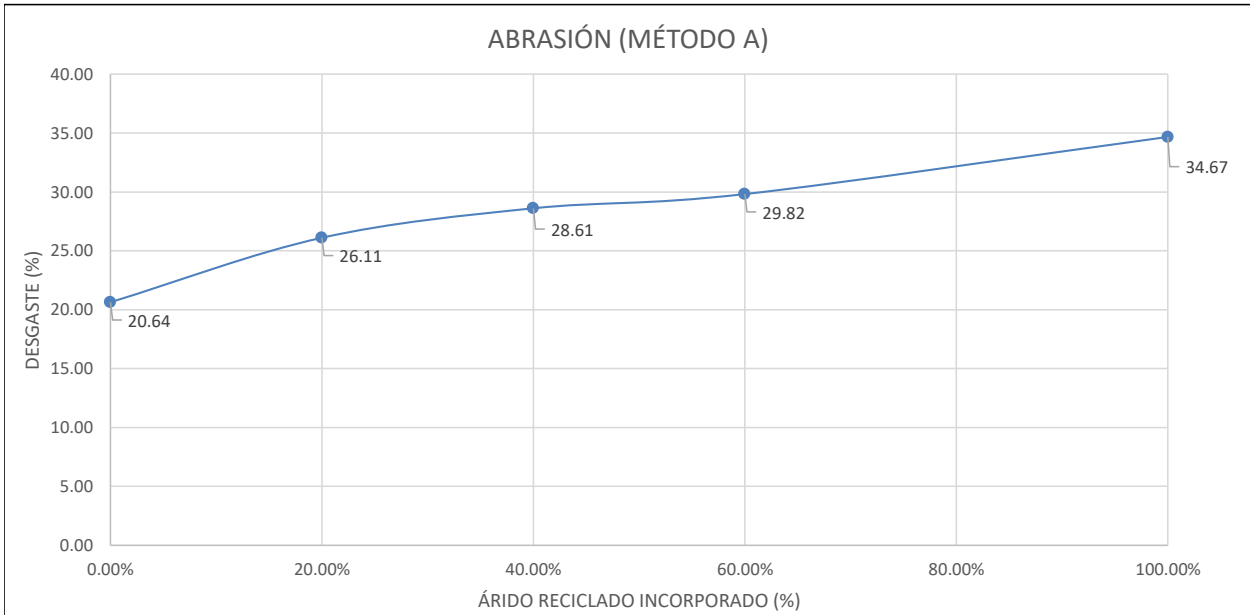
PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

MÉTODO A

ABRASIÓN (MÉTODO A)					
	0%	20%	40%	60%	100%
Ø 3/8"	1,250.00	1,251.00	1,250.00	1,250.00	1,250.00
Ø 1/2"	1,250.00	1,250.00	1,250.00	1,249.00	1,250.00
Ø 3/4"	1,250.00	1,250.00	1,251.00	1,250.00	1,252.00
Ø 1"	1,250.00	1,251.00	1,252.50	1,255.00	1,253.00
W total inicial	5,000.00	5,002.00	5,003.50	5,004.00	5,005.00
W final (Ret. Tamiz N°12)	3,968.00	3,696.00	3,572.00	3,512.00	3,270.00
% Desgaste	20.64	26.11	28.61	29.82	34.67



PRUEBA A LA COMPRESION NTP 339.034

TESIS : "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

TAMAÑO DE GRAVA	CONCENTRACION	MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DEL CONCRETO	DIMENSIONES DE LA MUESTRA				Area (cm2)	Carga de Prueba (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kg/cm ²)	Tipo de Falla	Esfuerzo Promedio	Lst. Esperado (Kcr)	% respecto a fcr	% respecto al grupo patrón
						D1	D2	D prom	h								
1/2"	0% AR	1.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.255	15.700	15.478	30.00	188.14	57950.00	308.01	3.00	325.40	296.68	109.68%	100.00%
		2.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.200	15.210	15.205	30.00	181.58	58480.00	322.07	5.00				
		3.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.145	15.190	15.168	30.00	180.68	61460.00	340.15	5.00				
	0% AR	4.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.170	15.150	15.160	30.00	180.50	58790.00	325.70	5.00				
		5.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.210	15.200	15.205	30.00	181.58	60850.00	335.12	5.00				
		6.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.220	15.200	15.210	30.00	181.70	59710.00	328.62	3.00				
	0% AR	7.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.220	15.240	15.230	30.00	182.18	56000.00	307.40	5.00				
		8.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.210	15.240	15.225	30.00	182.06	56930.00	312.71	5.00				
		9.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.160	15.150	15.155	30.00	180.39	62930.00	348.86	5.00				
	20% AR	1.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.160	15.190	15.175	30.00	180.86	58630.00	324.17	5.00	324.16	296.68	109.26%	99.62%
		2.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.185	15.225	15.205	30.00	181.58	57860.00	318.65	5.00				
		3.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.195	15.150	15.173	30.00	180.80	58430.00	323.17	5.00				
	20% AR	4.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.190	15.190	15.190	30.00	181.22	56840.00	313.65	5.00				
		5.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.160	15.170	15.165	30.00	180.62	57390.00	317.73	5.00				
		6.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.200	15.190	15.195	30.00	181.34	59540.00	328.34	3.00				
	20% AR	7.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.160	15.140	15.150	30.00	180.27	59970.00	332.67	5.00				
		8.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.170	15.190	15.180	30.00	180.98	56500.00	312.19	5.00				
		9.00	23/04/2018	22/05/2018	29	15.170	15.180	15.175	30.00	180.86	62740.00	346.89	5.00				
	40% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.220	15.260	15.240	30.00	182.41	50650.00	277.66	5.00	279.58	296.68	94.24%	85.92%
		2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.230	15.230	15.230	30.00	182.18	51360.00	281.93	2.00				
		3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.310	15.260	15.285	30.00	183.49	49980.00	272.38	4.00				
	40% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.220	15.215	15.218	30.00	181.88	51800.00	284.81	4.00				
		5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.160	15.160	30.00	180.50	50110.00	277.61	3.00				
		6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.190	15.185	15.188	30.00	181.16	50470.00	278.59	4.00				
	40% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.150	15.155	30.00	180.39	50400.00	279.40	5.00				
		8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.170	15.175	30.00	180.86	51590.00	285.25	5.00				
		9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.160	15.160	30.00	180.50	50290.00	278.61	5.00				
	60% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.230	15.300	15.265	30.00	183.01	49640.00	271.24	5.00	262.51	296.68	88.48%	80.67%
		2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.190	15.180	15.185	30.00	181.10	45790.00	252.84	4.00				
		3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.220	15.210	30.00	181.70	44780.00	246.45	5.00				
60% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.170	15.165	30.00	180.62	48170.00	266.69	4.00					
	5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.200	15.200	30.00	181.46	46380.00	255.60	4.00					
	6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.170	15.180	15.175	30.00	180.86	50520.00	279.33	4.00					
60% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.140	15.150	15.145	30.00	180.15	43650.00	242.30	5.00					
	8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.220	15.240	15.230	30.00	182.18	51050.00	280.22	5.00					
	9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.210	15.205	30.00	181.58	48650.00	267.93	5.00					

PRUEBA A LA COMPRESION NTP 339.034

TESIS : "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

TAMAÑO DE GRAVA	CONCENTRACION	MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DEL CONCRETO	DIMENSIONES DE LA MUESTRA				Area (cm2)	Carga de Prueba (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kg/cm ²)	Tipo de Falla	Esfuerzo Promedio	Esfuerzo Esperado	% respecto a fcr	% respecto al grupo patrón
						D1	D2	D prom	h								
3/4"	0% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.300	15.270	15.285	30.00	183.49	57470.00	313.20	5.00	318.10	296.68	107.22%	100.00%
		2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.160	15.170	30.00	180.74	58410.00	323.17	5.00				
		3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.250	15.120	15.185	30.00	181.10	56260.00	310.66	5.00				
	0% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.190	15.175	30.00	180.86	57750.00	319.30	4.00				
		5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.160	15.170	30.00	180.74	59320.00	328.20	4.00				
		6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.180	15.180	30.00	180.98	55980.00	309.31	4.00				
	0% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.140	15.130	15.135	30.00	179.91	57790.00	321.22	5.00				
		8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.160	15.160	30.00	180.50	57920.00	320.88	5.00				
		9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.200	15.190	30.00	181.22	57440.00	316.96	5.00				
	20% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.220	15.210	15.215	30.00	181.82	55290.00	304.10	5.00	308.31	296.68	103.92%	96.92%
		2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.190	15.195	30.00	181.34	54620.00	301.20	3.00				
		3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.190	15.210	15.200	30.00	181.46	56680.00	312.36	5.00				
	20% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.170	15.160	15.165	30.00	180.62	56780.00	314.36	3.00				
		5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.170	15.180	15.175	30.00	180.86	54600.00	301.89	3.00				
		6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.175	15.178	30.00	180.92	53950.00	298.20	4.00				
	20% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.265	15.240	15.253	30.00	182.71	56370.00	308.51	5.00				
		8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.225	15.210	15.218	30.00	181.88	58220.00	320.11	5.00				
		9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.210	15.215	15.213	30.00	181.76	57090.00	314.10	5.00				
	40% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.200	15.200	30.00	181.46	53140.00	292.85	4.00	293.15	296.68	98.81%	92.16%
		2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.160	15.180	30.00	180.98	52280.00	288.87	4.00				
		3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.210	15.180	15.195	30.00	181.34	52657.00	290.38	5.00				
	40% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.220	15.210	15.215	30.00	181.82	53080.00	291.94	4.00				
		5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.140	15.170	15.155	30.00	180.39	51510.00	285.56	4.00				
		6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.200	15.190	30.00	181.22	52750.00	291.08	5.00				
	40% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.220	15.200	15.210	30.00	181.70	54390.00	299.34	5.00				
		8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.150	15.155	30.00	180.39	53910.00	298.86	5.00				
		9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.195	15.188	30.00	181.16	54250.00	299.46	5.00				
60% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.200	15.200	30.00	181.46	47117.00	259.66	5.00	262.78	296.68	88.57%	82.61%	
	2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.215	15.270	15.243	30.00	182.47	47540.00	260.53	5.00					
	3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.220	15.210	15.215	30.00	181.82	46710.00	256.91	5.00					
60% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.150	15.160	15.155	30.00	180.39	47650.00	264.16	4.00					
	5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.190	15.210	15.200	30.00	181.46	47320.00	260.78	4.00					
	6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.180	15.190	30.00	181.22	47120.00	260.02	5.00					
60% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.130	15.115	15.123	30.00	179.61	47560.00	264.79	5.00					
	8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.170	15.150	15.160	30.00	180.50	49300.00	273.12	5.00					
	9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.190	15.185	30.00	181.10	48005.00	265.07	5.00					

PRUEBA A LA COMPRESION NTP 339.034

TESIS : "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

TAMAÑO DE GRAVA	CONCENTRACION	MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DEL CONCRETO	DIMENSIONES DE LA MUESTRA				Area (cm2)	Carga de Prueba (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kg/cm ²)	Tipo de Falla	Esfuerzo Promedio	Esfuerzo Esperado	% respecto a f _{cr}	% respecto al grupo patrón
						D1	D2	D prom	h								
1"	0% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.190	15.195	30.00	181.34	56480.00	311.46	5.00	314.28	296.68	105.93%	100.00%
		2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.190	15.195	30.00	181.34	57460.00	316.87	3.00				
		3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.250	15.200	15.225	30.00	182.06	58410.00	320.84	5.00				
	0% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.170	15.160	15.165	30.00	180.62	55980.00	309.93	5.00				
		5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.140	15.170	15.155	30.00	180.39	55480.00	307.56	5.00				
		6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.150	15.165	15.158	30.00	180.45	56450.00	312.84	4.00				
	0% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.145	15.145	15.145	30.00	180.15	58000.00	321.96	5.00				
		8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.140	15.140	15.140	30.00	180.03	55600.00	308.84	5.00				
		9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.185	15.183	30.00	181.04	57610.00	318.22	5.00				
	20% AR	1.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.180	15.190	15.185	30.00	181.10	54980.00	303.59	3.00	297.87	296.68	100.40%	94.78%
		2.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.210	15.190	15.200	30.00	181.46	53430.00	294.45	4.00				
		3.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.200	15.200	15.200	30.00	181.46	52260.00	288.00	4.00				
	20% AR	4.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.140	15.140	15.140	30.00	180.03	54980.00	305.40	4.00				
		5.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.150	15.180	15.165	30.00	180.62	54220.00	300.18	5.00				
		6.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.170	15.165	30.00	180.62	53330.00	295.25	5.00				
	20% AR	7.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.130	15.130	15.130	30.00	179.79	54340.00	302.24	3.00				
		8.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.160	15.120	15.140	30.00	180.03	53170.00	295.34	4.00				
		9.00	24/04/2018	23/05/2018	29	15.150	15.155	15.153	30.00	180.33	53450.00	296.41	5.00				
	40% AR	1.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.200	15.150	15.175	30.00	180.86	53290.00	294.64	4.00	293.65	296.68	98.98%	93.44%
		2.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.180	15.140	15.160	30.00	180.50	52140.00	288.86	4.00				
		3.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.200	15.200	15.200	30.00	181.46	50620.00	278.96	5.00				
	40% AR	4.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.160	15.170	15.165	30.00	180.62	52960.00	293.21	4.00				
		5.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.160	15.180	15.170	30.00	180.74	52620.00	291.13	3.00				
		6.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.155	15.180	15.168	30.00	180.68	51620.00	285.69	4.00				
	40% AR	7.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.110	15.110	15.110	30.00	179.32	53910.00	300.64	5.00				
		8.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.130	15.140	15.135	30.00	179.91	55430.00	308.10	5.00				
		9.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.135	15.115	15.125	30.00	179.67	54190.00	301.60	5.00				
	60% AR	1.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.200	15.200	15.200	30.00	181.46	45620.00	251.41	4.00	253.47	296.68	85.44%	80.65%
		2.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.160	15.160	15.160	30.00	180.50	46720.00	258.83	4.00				
		3.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.180	15.320	15.250	30.00	182.65	45980.00	251.73	5.00				
60% AR	4.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.160	15.150	15.155	30.00	180.39	44630.00	247.41	4.00					
	5.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.140	15.180	15.160	30.00	180.50	47540.00	263.37	3.00					
	6.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.000	15.100	15.050	30.00	177.89	43550.00	244.81	4.00					
60% AR	7.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.140	15.140	15.140	30.00	180.03	46930.00	260.68	5.00					
	8.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.140	15.155	15.148	30.00	180.21	44580.00	247.38	5.00					
	9.00	25/04/2018	24/05/2018	29	15.150	15.145	15.148	30.00	180.21	46060.00	255.59	5.00					

ANEXO 2:

DISEÑO DE MEZCLAS PARA DIFERENTES
TAMAÑOS DE AGREGADO GRUESO

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1/2"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

1. DATOS DE LOS AGREGADOS

1.1. ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

	Real	Calculado
Absorción A, Fino (%)	= 1.64	
Absorción A, Grueso (%)	= 0.80	0.80
Absorción 20% A. Reciclado (%)	= 1.83	2.10
Absorción 40% A. Reciclado (%)	= 3.30	3.40
Absorción 60% A. Reciclado (%)	= 4.61	4.70
Absorción 100% A. Reciclado (%)	= 7.30	7.30

1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

	Real	Calculado
A. Fino	= 0.13	
A. Grueso	= 0.08	0.08
A. 20% A. Reciclado	= -	0.13
A. 40% A. Reciclado	= -	0.18
A. 60% A. Reciclado	= -	0.22
A. 100% A. Reciclado	= 0.32	0.32

1.3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

	PU Suelto	PU Compactado
A. Fino	= 2.16	2.31
A. Grueso Natural	= 1.77	1.90
A. Reciclado 20% (gr/cm ³)	= 1.72	1.85
A. Reciclado 40% (gr/cm ³)	= 1.67	1.81
A. Reciclado 60% (gr/cm ³)	= 1.63	1.76
A. Reciclado 100% (gr/cm ³)	= 1.53	1.66

1.4. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE LOS AGREGADOS

TMN (") = 1/2"

1.5. MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS

	Real	Calculado
M.F. Fino	= 2.56	
M.F. Grueso Natural	= 7.00	7.00
M.F. Grueso Reciclado 20%	= 6.99	6.99
M.F. Grueso Reciclado 40%	= 7.00	6.98
M.F. Grueso Reciclado 60%	= 7.00	6.97
M.F. Grueso Reciclado 100%	= 6.94	6.94

1.6. PESO ESPECÍFICO

	Real	Calculado	
P.E. Cemento (gr/cm ³)	= 3.11		
P.E. Fino	= 2.66		
P.E. A. Natural	= 2.61	2.61	2.64
P.E. 20% A.R.	= 2.50	2.58	
P.E. 40% A.R.	= 2.49	2.56	
P.E. 60% A.R.	= 2.49	2.53	
P.E. 100% A.R.	= 2.49	2.49	2.60

2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

Si $f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow f_{cr} = f'_c + 71.38$

Si $f'_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow f_{cr} = f'_c + 86.68$

	f_c	Adición	f_{cr}
MEZCLA N° 0	210.00	86.68	296.68

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia Plástica = 3" a 4"

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1/2"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

4. CANTIDAD DE AGUA

Según ACI

Agua, en l/m ³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207.00	199.00	190.00	179.00	166.00	154.00	130.00	113.00
3" a 4"	228.00	216.00	205.00	193.00	181.00	169.00	145.00	124.00
6" a 7"	243.00	228.00	216.00	202.00	190.00	178.00	160.00	
Concreto Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181.00	175.00	168.00	160.00	150.00	142.00	122.00	107.00
3" a 4"	202.00	193.00	184.00	175.00	165.00	157.00	133.00	199.00
6" a 7"	216.00	205.00	197.00	184.00	174.00	166.00	154.00	

Según UNI

Volumen unitario de agua, expresado en l/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Agregado Redondeado								
1" a 2"	185.00	182.00	170.00	163.00	155.00	148.00	136.00	
3" a 4"	201.00	197.00	185.00	178.00	170.00	163.00	151.00	
6" a 7"	230.00	219.00	208.00	197.00	185.00	178.00	163.00	
Agregado Angular								
1" a 2"	212.00	201.00	189.00	182.00	170.00	163.00	151.00	
3" a 4"	227.00	216.00	204.00	197.00	185.00	178.00	167.00	
6" a 7"	250.00	238.00	227.00	216.00	204.00	197.00	182.00	

Cantidad de Agua (Lt/m³) = 216.00

5. CONTENIDO DE AIRE

CONTENIDO DE AIRE								
Tamaño Máx. Nom. (pulg)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Aire Atrapado (%)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20
Contenido de Aire (%)	= 2.50							

6. RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

f _{cr} (kg/cm ²) (28 días)	Relacion de agua-cemento de diseño en	
	Conc. Sin Aire Incorp.	Conc. Con Aire Incorp.
150.00	0.80	0.71
200.00	0.70	0.61
250.00	0.62	0.53
300.00	0.55	0.46
350.00	0.48	0.40
400.00	0.43	-
450.00	0.38	-

Interpolando para la Resistencia 210 kg/cm²

200.00	0.70
296.68	0.55
300.00	0.55

7. FACTOR CEMENTO

Relacion A/C	=	0.55
Cantidad de Agua (Lt/m ³)	=	216.00
Factor Cemento (kg)	=	389.20
Cemento (Bls)	=	9.16

8. VOLÚMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA			
Factor Cemento (kg)	389.20	3.11	0.13
Agua (Lt)	216.00	1.00	0.22
Aire (%)	2.50	100.00	0.03
Vol. De la Pasta			0.37

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1/2"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

9. VOLÚMEN DE AGREGADOS

Volumen Ab. de los Agregados = 0.63

10. MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Tamaño Máx. Nom. Agregado Grueso	Modulo de fineza de las combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas por m ³			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39
9.00	4.61			
9.16	4.62			
10.00	4.69			

Módulo de fineza = 4.62

10.1. PORCENTAJE DE INTERVENCIÓN DEL A.G. Y A.F.

	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
mg (calc.)	7.00	6.99	6.98	6.97	6.94
mg (real)	7.00	6.99	7.00	7.00	6.94
mf	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
m	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62
rf	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
rg	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

11. CÁLCULO DEL VOLÚMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS

PROPORC.	rf y rg		Vol A.F. y A.G.	Vol. Absoluto
0% AR	Vol. A. Fino	rf	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.29	
20% AR	Vol. A. Fino	rf	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.30	
40% AR	Vol. A. Fino	rf	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.30	
60% AR	Vol. A. Fino	rf	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.30	
100% AR	Vol. A. Fino	rf	0.34	0.63
	Vol. A. Grueso	rg	0.30	

12. PESO SECO DE LOS AGREGADOS

PROPORC.	Tipo de Agregado	Vol A.F. y A.G.	Peso Especifico	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	0.34	2.66	902.37
	A. Grueso	0.29	2.61	769.26
20% AR	A. Fino	0.34	2.66	900.38
	A. Grueso	0.30	2.58	763.90
40% AR	A. Fino	0.34	2.66	898.38
	A. Grueso	0.30	2.56	758.52
60% AR	A. Fino	0.34	2.66	896.37
	A. Grueso	0.30	2.53	753.10
100% AR	A. Fino	0.34	2.66	892.33
	A. Grueso	0.30	2.49	742.19

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1/2"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

13. VALORES DE DISEÑO

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Kg y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	389.20
Agua	216.00
A. Fino	902.37
A. Grueso	769.26

20% AR	
Cemento	389.20
Agua	216.00
A. Fino	900.38
A. Grueso	763.90

40% AR	
Cemento	389.20
Agua	216.00
A. Fino	898.38
A. Grueso	758.52

60% AR	
Cemento	389.20
Agua	216.00
A. Fino	896.37
A. Grueso	753.10

100% AR	
Cemento	389.20
Agua	216.00
A. Fino	892.33
A. Grueso	742.19

14. CORRECCIONES POR HUMEDAD

PROPORC.	Tipo de Agregado	Pesos Secos		
0% AR	A. Fino	902.37	A. Fino	902.37
	A. Grueso	769.26	A. Natural	769.26
			A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	900.38	A. Fino	900.38
	A. Grueso	763.90	A. Natural	611.12
			A. Reciclado	152.78
40% AR	A. Fino	898.38	A. Fino	898.38
	A. Grueso	758.52	A. Natural	455.11
			A. Reciclado	303.41
60% AR	A. Fino	896.37	A. Fino	896.37
	A. Grueso	753.10	A. Natural	301.24
			A. Reciclado	451.86
100%AR	A. Fino	892.33	A. Fino	892.33
	A. Grueso	742.19	A. Natural	0.00
			A. Reciclado	742.19

PROPORC.	Tipo de Agregado		Aporte del Agua
0% AR	A. Fino	A. Fino	-13.63
	A. Grueso	A. Natural	-5.55
		A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	A. Fino	-13.60
	A. Grueso	A. Natural	-4.41
		A. Reciclado	-10.66
40% AR	A. Fino	A. Fino	-13.57
	A. Grueso	A. Natural	-3.28
		A. Reciclado	-21.18
60% AR	A. Fino	A. Fino	-13.54
	A. Grueso	A. Natural	-2.17
		A. Reciclado	-31.54
100%AR	A. Fino	A. Fino	-13.48
	A. Grueso	A. Natural	0.00
		A. Reciclado	-51.80

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1/2"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAÑO BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

15. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Proporc.	Tipo de Agregado			Cont. Húmed	Peso Húmed	Aporte (lt)	Aporte Total	Agua Real
0% AR	A. Fino	A. Fino	902.37	0.13	903.57	-13.63	-19.18	235.18
	A. Grueso	A. Natural	769.26	0.08	769.90	-5.55		
		A. Reciclado	0.00	0.32	0.00	0.00		
20% AR	A. Fino	A. Fino	900.38	0.13	901.58	-13.60	-28.67	244.67
	A. Grueso	A. Natural	611.12	0.08	611.63	-4.41		
		A. Reciclado	152.78	0.32	153.26	-10.66		
40% AR	A. Fino	A. Fino	898.38	0.13	899.58	-13.57	-38.03	254.03
	A. Grueso	A. Natural	455.11	0.08	455.49	-3.28		
		A. Reciclado	303.41	0.32	304.37	-21.18		
60% AR	A. Fino	A. Fino	896.37	0.13	897.57	-13.54	-47.25	263.25
	A. Grueso	A. Natural	301.24	0.08	301.49	-2.17		
		A. Reciclado	451.86	0.32	453.29	-31.54		
100% AR	A. Fino	A. Fino	892.33	0.13	893.52	-13.48	-65.28	281.28
	A. Grueso	A. Natural	0.00	0.08	0.00	0.00		
		A. Reciclado	742.19	0.32	744.54	-51.80		

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Kg y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	389.20 kg
Agua	235.18 lt
A. Fino	903.57 kg
A. G. Natural	769.90 kg
A. G. Reciclado	0.00 kg

20% AR	
Cemento	389.20 kg
Agua	244.67 lt
A. Fino	901.58 kg
A. G. Natural	611.63 kg
A. G. Reciclado	153.26 kg

40% AR	
Cemento	389.20 kg
Agua	254.03 lt
A. Fino	899.58 kg
A. G. Natural	455.49 kg
A. G. Reciclado	304.37 kg

60% AR	
Cemento	389.20 kg
Agua	263.25 lt
A. Fino	897.57 kg
A. G. Natural	301.49 kg
A. G. Reciclado	453.29 kg

100% AR	
Cemento	389.20 kg
Agua	281.28 lt
A. Fino	893.52 kg
A. G. Natural	0.00 kg
A. G. Reciclado	744.54 kg

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Proporción y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	1.00
Agua	25.68 lt
A. Fino	2.32
A. G. Natural	1.98
A. G. Reciclado	0.00

20% AR	
Cemento	1.00
Agua	26.72 lt
A. Fino	2.32
A. G. Natural	1.57
A. G. Reciclado	0.39

40% AR	
Cemento	1.00
Agua	27.74 lt
A. Fino	2.31
A. G. Natural	1.17
A. G. Reciclado	0.78

60% AR	
Cemento	1.00
Agua	28.75 lt
A. Fino	2.31
A. G. Natural	0.77
A. G. Reciclado	1.16

100% AR	
Cemento	1.00
Agua	30.72 lt
A. Fino	2.30
A. G. Natural	0.00
A. G. Reciclado	1.91

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 3/4"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

1. DATOS DE LOS AGREGADOS**1.1. ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS**

	Real	Calculado
Absorción A, Fino (%)	= 1.64	
Absorción A, Grueso (%)	= 0.60	0.60
Absorción 20% A. Reciclado (%)	= 2.25	1.98
Absorción 40% A. Reciclado (%)	= 3.51	3.36
Absorción 60% A. Reciclado (%)	= 4.13	4.74
Absorción 100% A. Reciclado (%)	= 7.49	7.49

1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

	Real	Calculado
A. Fino	= 0.13	
A. Grueso	= 0.08	0.08
A. 20% A. Reciclado	= -	0.13
A. 40% A. Reciclado	= -	0.18
A. 60% A. Reciclado	= -	0.22
A. 100% A. Reciclado	= 0.32	0.32

1.3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

	PU Suelto	PU Compactado
A. Fino	= 2.16	2.31
A. Grueso Natural	= 1.81	1.95
A. Reciclado 20% (gr/cm ³)	= 1.76	1.90
A. Reciclado 40% (gr/cm ³)	= 1.71	1.86
A. Reciclado 60% (gr/cm ³)	= 1.67	1.81
A. Reciclado 100% (gr/cm ³)	= 1.57	1.71

1.4. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE LOS AGREGADOS

TMN (") = 3/4"

1.5. MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS

	Real	Calculado
M.F. Fino	= 2.56	
M.F. Grueso Natural	= 7.00	7.00
M.F. Grueso Reciclado 20%	= 7.00	6.99
M.F. Grueso Reciclado 40%	= 7.00	6.98
M.F. Grueso Reciclado 60%	= 7.00	6.97
M.F. Grueso Reciclado 100%	= 6.96	6.96

1.6. PESO ESPECÍFICO

	Real	Calculado
P.E. Cemento (gr/cm ³)	= 3.11	
P.E. Fino	= 2.66	
P.E. A. Natural	= 2.56	2.56
P.E. 20% A.R.	= 2.57	2.54
P.E. 40% A.R.	= 2.51	2.52
P.E. 60% A.R.	= 2.50	2.50
P.E. 100% A.R.	= 2.46	2.46

2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

Si $f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow f_{cr} = f'_c + 71.38$

Si $f'_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow f_{cr} = f'_c + 86.68$

	f_c	Adición	f_{cr}
MEZCLA N° 0	210.00	86.68	296.68

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia Plástica = 3" a 4"

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 3/4"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

4. CANTIDAD DE AGUA

Según ACI

Agua, en l/m ³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207.00	199.00	190.00	179.00	166.00	154.00	130.00	113.00
3" a 4"	228.00	216.00	205.00	193.00	181.00	169.00	145.00	124.00
6" a 7"	243.00	228.00	216.00	202.00	190.00	178.00	160.00	
Concreto Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181.00	175.00	168.00	160.00	150.00	142.00	122.00	107.00
3" a 4"	202.00	193.00	184.00	175.00	165.00	157.00	133.00	119.00
6" a 7"	216.00	205.00	197.00	184.00	174.00	166.00	154.00	

Según UNI

Volumen unitario de agua, expresado en l/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Agregado Redondeado								
1" a 2"	185.00	182.00	170.00	163.00	155.00	148.00	136.00	
3" a 4"	201.00	197.00	185.00	178.00	170.00	163.00	151.00	
6" a 7"	230.00	219.00	208.00	197.00	185.00	178.00	163.00	
Agregado Angular								
1" a 2"	212.00	201.00	189.00	182.00	170.00	163.00	151.00	
3" a 4"	227.00	216.00	204.00	197.00	185.00	178.00	167.00	
6" a 7"	250.00	238.00	227.00	216.00	204.00	197.00	182.00	

Cantidad de Agua (Lt/m³) = 205.00

5. CONTENIDO DE AIRE

CONTENIDO DE AIRE								
Tamaño Máx. Nom. (pulg)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Aire Atrapado (%)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20
Contenido de Aire (%)	= 2.00							

6. RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

f _{cr} (kg/cm ²) (28 días)	Relacion de agua- cemento de diseño en	
	Conc. Sin Aire Incorp.	Conc. Con Aire Incorp.
150.00	0.80	0.71
200.00	0.70	0.61
250.00	0.62	0.53
300.00	0.55	0.46
350.00	0.48	0.40
400.00	0.43	-
450.00	0.38	-

Interpolando para la Resistencia 210 kg/cm²

200.00	0.70
296.68	0.55
300.00	0.55

7. FACTOR CEMENTO

Relacion A/C	=	0.55
Cantidad de Agua (Lt/m ³)	=	205.00
Factor Cemento (kg)	=	369.38
Cemento (Bls)	=	8.69

8. VOLÚMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA			
Factor Cemento (kg)	369.38	3.11	0.12
Agua (Lt)	205.00	1.00	0.21
Aire (%)	2.00	100.00	0.02
Vol. De la Pasta			0.34

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 3/4"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

9. VOLÚMEN DE AGREGADOS

Volumen Ab. de los Agregados = 0.66

10. MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Tamaño Máx. Nom. Agregado Grueso	Modulo de fineza de las combinaciones de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas por m ³			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39
8.00	5.11			
8.69	5.17			
9.00	5.19			

Módulo de fineza = 5.17

10.1. PORCENTAJE DE INTERVENCIÓN DEL A.G. Y A.F.

	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
mg (calc.)	7.00	6.99	6.98	6.97	6.96
mg (real)	7.00	7.00	7.00	7.00	6.96
mf	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
m	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17
rf	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
rg	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59

11. CÁLCULO DEL VOLÚMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS

PROPORC.	rf y rg		Vol A.F. y A.G.	Vol. Absoluto
0% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39
20% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39
40% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39
60% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39
100% AR	Vol. A. Fino	rf	0.41	0.27
	Vol. A. Grueso	rg	0.59	0.39

12. PESO SECO DE LOS AGREGADOS

PROPORC.	Tipo de Agregado	Vol A.F. y A.G.	Peso Especifico	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	0.27	2.66	720.44
	A. Grueso	0.39	2.56	987.24
20% AR	A. Fino	0.27	2.66	718.50
	A. Grueso	0.39	2.54	981.68
40% AR	A. Fino	0.27	2.66	716.55
	A. Grueso	0.39	2.52	976.11
60% AR	A. Fino	0.27	2.66	714.60
	A. Grueso	0.39	2.50	970.51
100% AR	A. Fino	0.27	2.66	710.67
	A. Grueso	0.39	2.46	959.25

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 3/4"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

13. VALORES DE DISEÑO

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Kg y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	369.38
Agua	205.00
A. Fino	720.44
A. Grueso	987.24

20% AR	
Cemento	369.38
Agua	205.00
A. Fino	718.50
A. Grueso	981.68

40% AR	
Cemento	369.38
Agua	205.00
A. Fino	716.55
A. Grueso	976.11

60% AR	
Cemento	369.38
Agua	205.00
A. Fino	714.60
A. Grueso	970.51

100% AR	
Cemento	369.38
Agua	205.00
A. Fino	710.67
A. Grueso	959.25

14. CORRECCIONES POR HUMEDAD

PROPORC.	Tipo de Agregado	Pesos Secos		
0% AR	A. Fino	720.44	A. Fino	720.44
	A. Grueso	987.24	A. Natural	987.24
			A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	718.50	A. Fino	718.50
	A. Grueso	981.68	A. Natural	785.34
			A. Reciclado	196.34
40% AR	A. Fino	716.55	A. Fino	716.55
	A. Grueso	976.11	A. Natural	585.66
			A. Reciclado	390.44
60% AR	A. Fino	714.60	A. Fino	714.60
	A. Grueso	970.51	A. Natural	388.20
			A. Reciclado	582.31
100%AR	A. Fino	710.67	A. Fino	710.67
	A. Grueso	959.25	A. Natural	0.00
			A. Reciclado	959.25

PROPORC.	Tipo de Agregado		Aporte del Agua
0% AR	A. Fino	A. Fino	-10.88
	A. Grueso	A. Natural	-5.13
		A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	A. Fino	-10.85
	A. Grueso	A. Natural	-4.08
		A. Reciclado	-14.09
40% AR	A. Fino	A. Fino	-10.82
	A. Grueso	A. Natural	-3.04
		A. Reciclado	-28.03
60% AR	A. Fino	A. Fino	-10.79
	A. Grueso	A. Natural	-2.02
		A. Reciclado	-41.80
100%AR	A. Fino	A. Fino	-10.73
	A. Grueso	A. Natural	0.00
		A. Reciclado	-68.86

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 3/4"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAÑO BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

15. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Proporc.	Tipo de Agregado			Cont. Húmed	Peso Húmed	Aporte (lt)	Aporte Total	Agua Real
0% AR	A. Fino	A. Fino	720.44	0.13	721.40	-10.88	-16.01	221.01
	A. Grueso	A. Natural	987.24	0.08	988.06	-5.13		
		A. Reciclado	0.00	0.32	0.00	0.00		
20% AR	A. Fino	A. Fino	718.50	0.13	719.46	-10.85	-29.02	234.02
	A. Grueso	A. Natural	785.34	0.08	786.00	-4.08		
		A. Reciclado	196.34	0.32	196.96	-14.09		
40% AR	A. Fino	A. Fino	716.55	0.13	717.51	-10.82	-41.89	246.89
	A. Grueso	A. Natural	585.66	0.08	586.15	-3.04		
		A. Reciclado	390.44	0.32	391.68	-28.03		
60% AR	A. Fino	A. Fino	714.60	0.13	715.55	-10.79	-54.61	259.61
	A. Grueso	A. Natural	388.20	0.08	388.53	-2.02		
		A. Reciclado	582.31	0.32	584.15	-41.80		
100% AR	A. Fino	A. Fino	710.67	0.13	711.62	-10.73	-79.59	284.59
	A. Grueso	A. Natural	0.00	0.08	0.00	0.00		
		A. Reciclado	959.25	0.32	962.29	-68.86		

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Kg y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	369.38 kg
Agua	221.01 lt
A. Fino	721.40 kg
A. G. Natural	988.06 kg
A. G. Reciclado	0.00 kg

20% AR	
Cemento	369.38 kg
Agua	234.02 lt
A. Fino	719.46 kg
A. G. Natural	786.00 kg
A. G. Reciclado	196.96 kg

40% AR	
Cemento	369.38 kg
Agua	246.89 lt
A. Fino	717.51 kg
A. G. Natural	586.15 kg
A. G. Reciclado	391.68 kg

60% AR	
Cemento	369.38 kg
Agua	259.61 lt
A. Fino	715.55 kg
A. G. Natural	388.53 kg
A. G. Reciclado	584.15 kg

100% AR	
Cemento	369.38 kg
Agua	284.59 lt
A. Fino	711.62 kg
A. G. Natural	0.00 kg
A. G. Reciclado	962.29 kg

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Proporción y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	1.00
Agua	25.43 lt
A. Fino	1.95
A. G. Natural	2.67
A. G. Reciclado	0.00

20% AR	
Cemento	1.00
Agua	26.93 lt
A. Fino	1.95
A. G. Natural	2.13
A. G. Reciclado	0.53

40% AR	
Cemento	1.00
Agua	28.41 lt
A. Fino	1.94
A. G. Natural	1.59
A. G. Reciclado	1.06

60% AR	
Cemento	1.00
Agua	29.87 lt
A. Fino	1.94
A. G. Natural	1.05
A. G. Reciclado	1.58

100% AR	
Cemento	1.00
Agua	32.74 lt
A. Fino	1.93
A. G. Natural	0.00
A. G. Reciclado	2.61

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

1. DATOS DE LOS AGREGADOS

1.1. ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

	Real	Calculado
Absorción A, Fino (%)	= 1.64	
Absorción A, Grueso (%)	= 0.60	0.60
Absorción 20% A. Reciclado (%)	= 2.24	1.85
Absorción 40% A. Reciclado (%)	= 2.67	3.10
Absorción 60% A. Reciclado (%)	= 3.52	4.34
Absorción 100% A. Reciclado (%)	= 6.84	6.84

1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

	Real	Calculado
A. Fino	= 0.13	
A. Grueso	= 0.08	0.08
A. 20% A. Reciclado	= -	0.13
A. 40% A. Reciclado	= -	0.18
A. 60% A. Reciclado	= -	0.22
A. 100% A. Reciclado	= 0.32	0.32

1.3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

	PU Suelto	PU Compactado
A. Fino	= 2.16	2.31
A. Grueso Natural	= 1.92	2.06
A. Reciclado 20% (gr/cm ³)	= 1.84	1.99
A. Reciclado 40% (gr/cm ³)	= 1.77	1.92
A. Reciclado 60% (gr/cm ³)	= 1.69	1.85
A. Reciclado 100% (gr/cm ³)	= 1.55	1.70

1.4. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE LOS AGREGADOS

TMN (") = 1"

1.5. MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS

	Real	Calculado
M.F. Fino	= 2.56	
M.F. Grueso Natural	= 7.00	7.00
M.F. Grueso Reciclado 20%	= 7.00	7.00
M.F. Grueso Reciclado 40%	= 7.00	6.99
M.F. Grueso Reciclado 60%	= 6.99	6.99
M.F. Grueso Reciclado 100%	= 6.98	6.98

1.6. PESO ESPECÍFICO

	Real	Calculado
P.E. Cemento (gr/cm ³)	= 3.11	
P.E. Fino	= 2.66	
P.E. A. Natural	= 2.59	2.59
P.E. 20% A.R.	= 2.56	2.57
P.E. 40% A.R.	= 2.20	2.55
P.E. 60% A.R.	= 2.54	2.53
P.E. 100% A.R.	= 2.48	2.48

2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

Si $f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow f_{cr} = f'_c + 71.38$

Si $f'_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow f_{cr} = f'_c + 86.68$

	f'_c	Adición	f_{cr}
MEZCLA N° 0	210.00	86.68	296.68

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia Plástica = 3" a 4"

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARA ZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

4. CANTIDAD DE AGUA

Según ACI

Agua, en l/m ³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207.00	199.00	190.00	179.00	166.00	154.00	130.00	113.00
3" a 4"	228.00	216.00	205.00	193.00	181.00	169.00	145.00	124.00
6" a 7"	243.00	228.00	216.00	202.00	190.00	178.00	160.00	
Concreto Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181.00	175.00	168.00	160.00	150.00	142.00	122.00	107.00
3" a 4"	202.00	193.00	184.00	175.00	165.00	157.00	133.00	119.00
6" a 7"	216.00	205.00	197.00	184.00	174.00	166.00	154.00	

Según UNI

Volumen unitario de agua, expresado en l/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Agregado Redondeado								
1" a 2"	185.00	182.00	170.00	163.00	155.00	148.00	136.00	
3" a 4"	201.00	197.00	185.00	178.00	170.00	163.00	151.00	
6" a 7"	230.00	219.00	208.00	197.00	185.00	178.00	163.00	
Agregado Angular								
1" a 2"	212.00	201.00	189.00	182.00	170.00	163.00	151.00	
3" a 4"	227.00	216.00	204.00	197.00	185.00	178.00	167.00	
6" a 7"	250.00	238.00	227.00	216.00	204.00	197.00	182.00	

Cantidad de Agua (Lt/m³) = 193.00

5. CONTENIDO DE AIRE

CONTENIDO DE AIRE								
Tamaño Máx. Nom. (pulg)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Aire Atrapado (%)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20
Contenido de Aire (%)	= 1.50							

6. RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

f _{cr} (kg/cm ²) (28 días)	Relación de agua-cemento de diseño en	
	Conc. Sin Aire Incorp.	Conc. Con Aire Incorp.
150.00	0.80	0.71
200.00	0.70	0.61
250.00	0.62	0.53
300.00	0.55	0.46
350.00	0.48	0.40
400.00	0.43	-
450.00	0.38	-

Interpolando para la Resistencia 210 kg/cm²

200.00	0.70
296.68	0.55
300.00	0.55

7. FACTOR CEMENTO

Relación A/C	=	0.55
Cantidad de Agua (Lt/m ³)	=	193.00
Factor Cemento (kg)	=	347.76
Cemento (Bls)	=	8.18

8. VOLÚMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA			
Factor Cemento (kg)	347.76	3.11	0.11
Agua (Lt)	193.00	1.00	0.19
Aire (%)	1.50	100.00	0.02
Vol. De la Pasta			0.32

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

9. VOLÚMEN DE AGREGADOS

Volumen Ab. de los Agregados = 0.68

10. MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Tamaño Máx. Nom. Agregado Grueso	Modulo de fineza de las combinaciones de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas por m ³			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39
8.00	5.41			
8.18	5.42			
9.00	5.49			

Módulo de fineza = 5.42

10.1. PORCENTAJE DE INTERVENCIÓN DEL A.G. Y A.F.

	0% AR	20% AR	40% AR	60% AR	100% AR
mg (calc.)	7.00	7.00	6.99	6.99	6.98
mg (real)	7.00	7.00	7.00	6.99	6.98
mf	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
m	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42
rf	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
rg	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

11. CÁLCULO DEL VOLÚMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS

PROPORC.	rf y rg		Vol A.F. y A.G.	Vol. Absoluto
0% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44
20% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44
40% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44
60% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44
100% AR	Vol. A. Fino	rf	0.35	0.24
	Vol. A. Grueso	rg	0.65	0.44

12. PESO SECO DE LOS AGREGADOS

PROPORC.	Tipo de Agregado	Vol A.F. y A.G.	Peso Especifico	Pesos Secos (Kg)
0% AR	A. Fino	0.24	2.66	641.74
	A. Grueso	0.44	2.59	1,138.23
20% AR	A. Fino	0.24	2.66	640.57
	A. Grueso	0.44	2.57	1,129.74
40% AR	A. Fino	0.24	2.66	639.40
	A. Grueso	0.44	2.55	1,121.24
60% AR	A. Fino	0.24	2.66	638.23
	A. Grueso	0.44	2.53	1,112.72
100% AR	A. Fino	0.24	2.66	635.88
	A. Grueso	0.44	2.48	1,095.63

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARAZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

13. VALORES DE DISEÑO

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Kg y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	347.76
Agua	193.00
A. Fino	641.74
A. Grueso	1,138.23

20% AR	
Cemento	347.76
Agua	193.00
A. Fino	640.57
A. Grueso	1,129.74

40% AR	
Cemento	347.76
Agua	193.00
A. Fino	639.40
A. Grueso	1,121.24

60% AR	
Cemento	347.76
Agua	193.00
A. Fino	638.23
A. Grueso	1,112.72

100% AR	
Cemento	347.76
Agua	193.00
A. Fino	635.88
A. Grueso	1,095.63

14. CORRECCIONES POR HUMEDAD

PROPORC.	Tipo de Agregado	Pesos Secos		
0% AR	A. Fino	641.74	A. Fino	641.74
	A. Grueso	1,138.23	A. Natural	1,138.23
			A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	640.57	A. Fino	640.57
	A. Grueso	1,129.74	A. Natural	903.79
			A. Reciclado	225.95
40% AR	A. Fino	639.40	A. Fino	639.40
	A. Grueso	1,121.24	A. Natural	672.74
			A. Reciclado	448.50
60% AR	A. Fino	638.23	A. Fino	638.23
	A. Grueso	1,112.72	A. Natural	445.09
			A. Reciclado	667.63
100%AR	A. Fino	635.88	A. Fino	635.88
	A. Grueso	1,095.63	A. Natural	0.00
			A. Reciclado	1,095.63

PROPORC.	Tipo de Agregado		Aporte del Agua
0% AR	A. Fino	A. Fino	-9.69
	A. Grueso	A. Natural	-5.90
		A. Reciclado	0.00
20% AR	A. Fino	A. Fino	-9.68
	A. Grueso	A. Natural	-4.68
		A. Reciclado	-14.73
40% AR	A. Fino	A. Fino	-9.66
	A. Grueso	A. Natural	-3.49
		A. Reciclado	-29.25
60% AR	A. Fino	A. Fino	-9.64
	A. Grueso	A. Natural	-2.31
		A. Reciclado	-43.54
100%AR	A. Fino	A. Fino	-9.60
	A. Grueso	A. Natural	0.00
		A. Reciclado	-71.45

DISEÑO DE MEZCLA (METODO ACI) PARA AGREGADO 1"

PROYECTO: TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018"

TESISTA: Keyth Dany TARA ZONA BERAÚN

UBICACIÓN: Pillcomarca - Huánuco

15. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Proporc.	Tipo de Agregado			Cont. Húmed	Peso Húmed	Aporte (lt)	Aporte Total	Agua Real
0% AR	A. Fino	A. Fino	641.74	0.13	642.59	-9.69	-15.59	208.59
	A. Grueso	A. Natural	1,138.23	0.08	1,139.17	-5.90		
		A. Reciclado	0.00	0.32	0.00	0.00		
20% AR	A. Fino	A. Fino	640.57	0.13	641.42	-9.68	-29.09	222.09
	A. Grueso	A. Natural	903.79	0.08	904.54	-4.68		
		A. Reciclado	225.95	0.32	226.66	-14.73		
40% AR	A. Fino	A. Fino	639.40	0.13	640.26	-9.66	-42.39	235.39
	A. Grueso	A. Natural	672.74	0.08	673.30	-3.49		
		A. Reciclado	448.50	0.32	449.91	-29.25		
60% AR	A. Fino	A. Fino	638.23	0.13	639.08	-9.64	-55.48	248.48
	A. Grueso	A. Natural	445.09	0.08	445.46	-2.31		
		A. Reciclado	667.63	0.32	669.74	-43.54		
100% AR	A. Fino	A. Fino	635.88	0.13	636.73	-9.60	-81.05	274.05
	A. Grueso	A. Natural	0.00	0.08	0.00	0.00		
		A. Reciclado	1,095.63	0.32	1,099.09	-71.45		

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Kg y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	347.76 kg
Agua	208.59 lt
A. Fino	642.59 kg
A. G. Natural	1,139.17 kg
A. G. Reciclado	0.00 kg

20% AR	
Cemento	347.76 kg
Agua	222.09 lt
A. Fino	641.42 kg
A. G. Natural	904.54 kg
A. G. Reciclado	226.66 kg

40% AR	
Cemento	347.76 kg
Agua	235.39 lt
A. Fino	640.26 kg
A. G. Natural	673.30 kg
A. G. Reciclado	449.91 kg

60% AR	
Cemento	347.76 kg
Agua	248.48 lt
A. Fino	639.08 kg
A. G. Natural	445.46 kg
A. G. Reciclado	669.74 kg

100% AR	
Cemento	347.76 kg
Agua	274.05 lt
A. Fino	636.73 kg
A. G. Natural	0.00 kg
A. G. Reciclado	1,099.09 kg

El Cemento, Agregado Fino y Agregado Grueso se presentan en Proporción y el Agua en Lt

0% AR	
Cemento	1.00
Agua	25.49 lt
A. Fino	1.85
A. G. Natural	3.28
A. G. Reciclado	0.00

20% AR	
Cemento	1.00
Agua	27.14 lt
A. Fino	1.84
A. G. Natural	2.60
A. G. Reciclado	0.65

40% AR	
Cemento	1.00
Agua	28.77 lt
A. Fino	1.84
A. G. Natural	1.94
A. G. Reciclado	1.29

60% AR	
Cemento	1.00
Agua	30.37 lt
A. Fino	1.84
A. G. Natural	1.28
A. G. Reciclado	1.93

100% AR	
Cemento	1.00
Agua	33.49 lt
A. Fino	1.83
A. G. Natural	0.00
A. G. Reciclado	3.16

ANEXO 3:

COPIA DE RESOLUCION DE APROBACIÓN DE PLAN
DE TESIS



RESOLUCIÓN DE DECANO N° 044-2018-UNHEVAL-FICA

Cayhuayna, 19 de marzo del 2018

Visto

CONSIDERANDO:

Que, con Resolución N° 014-2018-UNHEVAL-FICA-D con fecha 05 de marzo 2018, se designa la Comisión Ad-Hoc para la revisión y aprobación del Plan de Tesis titulada "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PRODUCCION DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUANUCO 2018" del Bachiller en Ingeniería Civil Keyth Dany, TARAZONA BERAUN, a los docentes: Mg. José Luis Villavicencio Guardia-Especialista y Ing. Jorge Zevallos Huaranga –Metodólogo.

Que, con Cartas de Conformidad, los Miembros de la Comisión Ad-HOC informan que los tesisistas han cumplido satisfactoriamente el levantamiento de observaciones hechas al Proyecto, por lo que dan por aprobado para su desarrollo.

Que, en el Reglamento de Grados y Títulos en el Capítulo IV De la Modalidad de Tesis, en el Art. 15° "Con el informe favorable de la Comisión Revisora Ad-hoc el Decano emitirá la resolución aprobando el proyecto de tesis....."

Que, en el mismo Reglamento en el Art. 16° Emitida la resolución de Decanato, el alumno o egresado procederá a desarrollar su Proyecto de Tesis. Si no desarrolla en un plazo de un año, debe presentar un nuevo Proyecto de Tesis.

Estando a las atribuciones conferidas al Decano por la Ley Universitaria N° 30220 y por el Estatuto de la UNHEVAL;

SE RESUELVE:

1° **DESIGNAR** al Ing. Mauro Antonio, DOMINGUEZ MAGINO como Asesor de Tesis del Bachiller en Ingeniería Civil Keyth Dany, TARAZONA, por los considerandos anotados.

2° **APROBAR** el Plan de Tesis titulada "APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PRODUCCION DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUANUCO 2018" elaborado por el Bachiller en Ingeniería Civil Keyth Dany, TARAZONA BERAUN.

Regístrese, comuníquese y archívese.



M. Sc. Erasmo Alejandro Fernández Sixto
DECANO

c.c
Interesado. Archivo.
Masa. / Sec.

Av. Universitaria 601-607
Pabellón VI, Piso I
51 (062)591079-ANEX. 0601
Huánuco, Perú