

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**



PROYECTO DE GRADO

**ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE UN HORMIGÓN
TRADICIONAL Y OTRO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD) PARA
APLICACIÓN ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

PARA OBTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

POSTULANTE: CARLOS ISRAEL SALAZAR FLORES

TUTORES: M.Sc. ING. ÁNGEL RAMOS MAITA

ING. FERNANDO MIGUEL CERRUTO ANIBARRO

LA PAZ – BOLIVIA

2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por mantener a familia unida, cuidarnos, guiarnos, darnos salud, protegernos de todo lo malo y darnos fuerza para seguir adelante.

Agradezco a mi abuelo, mis padres y mis hermanos por sus consejos y su apoyo incondicional para poder concluir esta meta de mi vida.

Agradezco a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron para la realización de esta investigación, pues por más pequeña o grande que haya sido su intervención ha sido muy valiosa y considerada, a todos muchas gracias.

Carlos Israel Salazar Flores

DEDICATORIA

Este proyecto de grado, el cual lo realice con mucho esfuerzo, va dedicado a mi familia, especialmente a mi mamá Yola Flores Ergueta porque ella es un ejemplo de lo que es nunca desistir y persistir por nuestros sueños, gracias por brindarme tu apoyo, tu comprensión y tu amor incondicional. Gracias a tu esfuerzo he podido cumplir esta meta y etapa de mi vida.

Carlos Israel Salazar Flores

“ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE UN HORMIGÓN TRADICIONAL Y OTRO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD) PARA APLICACIÓN ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS”

Postulante: Carlos Israel Salazar Flores

C.I.: 4924029 L.P.

Celular: 70139631

Dirección: Calle Aranzaes “C” N°200 Zona Sopocachi

Correo electrónico: carlossalazar07carel@gmail.com

RESUMEN

El proyecto de grado tuvo como objeto principal realizar un estudio comparativo de resistencia a compresión entre hormigones tradicionales y hormigones con la incorporación de agregado grueso reciclado (RCD).

El proyecto inició con la obtención y determinación de las propiedades físico—mecánicas de los agregados mediante las normas ASTM. Estos agregados se encuentran en la ciudad de La Paz siendo el agregado grueso reciclado proveniente de la Planta de Transformación de Escombros ubicado en Aranjuez (TMN 1/2”), el agregado fino natural proveniente de Mallasilla (#4), y el agregado grueso natural proveniente de Chinchaya (TMN 3/4”). Además el tipo de cemento utilizado fue IP—40.

Se realizó el diseño de las mezclas mediante el método de la ACI 211.1, utilizando dos diferentes cantidades de cemento de 300 y 350 kg/m³_{H°} y tres porcentajes de sustitución del agregado grueso natural por el agregado grueso reciclado de 20, 35 y 50% para una consistencia de 7 ± 1 cm en el cono de Abrams.

Mediante el análisis de varianza ANOVA y la prueba Duncan se determinó que la dosificación óptima para una resistencia característica a compresión de 21 MPa (resistencia más utilizada en los elementos estructurales de una vivienda) fue con el 35% de agregado grueso reciclado (RCD) y con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_{H°}. Además se evidenció que la influencia del agregado grueso reciclado (RCD) fue inversamente proporcional en la resistencia a compresión y en el módulo de elasticidad, y directamente proporcional en la absorción y en el volumen de vacíos.

"COMPARATIVE STUDY OF COMPRESSION RESISTANCE BETWEEN A TRADITIONAL CONCRETE AND ANOTHER WITH RECYCLED COARSE AGGREGATE (CDW) FOR STRUCTURAL APPLICATION IN HOUSING CONSTRUCTION"

Postulant: Carlos Israel Salazar Flores

C.I.: 4924029 L.P.

Cell phone number: 70139631

Address: Street Aranzaes "C" N°200 Area Sopocachi

e-mail: carlossalazar07carel@gmail.com

ABSTRACT

The main objective of the degree project was to carry out a comparative study of compressive strength between traditional concrete and concrete with the incorporation of recycled coarse aggregate (CDW).

The project began with obtaining and determining the physical-mechanical properties of the aggregates using ASTM standards. These aggregates are found in the city of La Paz, with the recycled coarse aggregate coming from the Debris Transformation Plant located in Aranjuez (NMS 1/2"), the natural fine aggregate coming from Mallasilla (#4), and the coarse aggregate natural from Chinchaya (NMS 3/4"). Additionally, the type of cement used was IP-40.

The design of the mixtures was carried out using the ACI 211.1 method, using two different amounts of cement of 300 and 350 kg/m³_{H°} and three percentages of replacement of natural coarse aggregate with recycled coarse aggregate of 20, 35 and 50% for a consistency of 7 ± 1 cm in the Abrams cone.

Through the ANOVA analysis of variance and the Duncan test, it was determined that the optimal dosage for a characteristic compression resistance of 21 MPa (resistance most used in the structural elements of a home) was with 35% recycled coarse aggregate (CDW) and with the cement quantity of 300 kg/m³_{H°}. Furthermore, it was evidenced that the influence of recycled coarse aggregate (CDW) was inversely proportional to the compressive strength and elastic modulus, and directly proportional to absorption and void volume.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I – GENERALIDADES	2
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. FINES	3
1.4. ESTADO DE ARTE	3
1.4.1. INVESTIGACIONES NACIONALES	3
1.4.2. INVESTIGACIONES INTERNACIONALES.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	4
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	5
1.6.1. MATERIALES	5
1.6.2. NORMAS.....	6
1.6.3. PARÁMETROS CONSTANTES	7
1.6.4. PARÁMETROS VARIABLES	7
CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO	9
2.1. AGREGADO NATURAL	9
2.2. AGREGADO RECICLADO	9
2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	10
2.2.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL AGREGADO RECICLADO	13
2.2.2.1. DEMOLICIÓN SELECTIVA	13
2.2.2.2. ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS.....	13
2.2.2.3. LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS	15
2.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS.....	15
2.2.3.1. VENTAJAS	15
2.2.3.2. DESVENTAJAS.....	16
2.2.3.2.1. DESVENTAJAS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS EN BOLIVIA.....	17
2.2.4. USOS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS.....	17
2.2.4.1. AGREGADO GRUESO RECICLADO	17
2.2.4.1.1. PARA EL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	17
2.2.4.1.2. PARA BASES VIALES Y SUBBASES.....	18
2.2.4.2. AGREGADO FINO RECICLADO.....	19
CAPÍTULO III – DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
3.1. METODOLOGÍA	21
3.2. PRIMERA ETAPA: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	21
3.2.1. PLANTA DE TRANSFORMACIÓN DE ESCOMBROS	21
3.3. SEGUNDA ETAPA: MATERIALES.....	23
3.3.1. CEMENTO	23
3.3.2. AGUA.....	23

3.3.3.	AGREGADO GRUESO NATURAL	23
3.3.4.	AGREGADO FINO NATURAL	24
3.3.5.	AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)	24
3.4.	TERCERA ETAPA: ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	25
3.4.1.	CEMENTO	25
3.4.2.	AGUA	25
3.4.3.	AGREGADOS	25
3.4.3.1.	AGREGADO GRUESO NATURAL	25
3.4.3.2.	AGREGADO FINO NATURAL	25
3.4.3.3.	AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)	26
3.5.	CUARTA ETAPA: DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES	26
3.5.1.	REVOLTURAS DE PRUEBA	27
3.5.2.	DOSIFICACIONES BASE	28
3.6.	QUINTA ETAPA: DISEÑO DEL EXPERIMENTO	29
3.7.	SEXTA ETAPA: PROCESO DE ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO Y ENSAYOS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO	30
CAPÍTULO IV – ANÁLISIS DE RESULTADOS		41
4.1.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LOS AGREGADOS	41
4.1.1.	GRANULOMETRÍA	41
4.1.1.1.	AGREGADO GRUESO Y FINO	41
4.1.1.1.1.	MUESTRA 1	41
4.1.1.1.2.	MUESTRA 2	42
4.1.1.2.	AGREGADO RCD	42
4.1.1.2.1.	MUESTRA 1	42
4.1.1.2.2.	MUESTRA 2	43
4.1.2.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO	44
4.1.3.	PESO ESPECÍFICO	44
4.1.4.	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	44
4.1.5.	PORCENTAJE DE VACÍOS	45
4.1.6.	TAMIZ N° 200	45
4.1.7.	DESGASTE DE LOS ÁNGELES	45
4.1.8.	PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS	46
4.1.9.	COMPOSICIÓN CIRCUNSTANCIAL Y REFERENCIAL DEL AGREGADO RCD	46
4.2.	RESULTADOS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO	46
4.2.1.	RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN	46
4.2.1.1.	CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 kg/m ³ H°	46
4.2.1.2.	CANTIDAD DE CEMENTO DE 350 kg/m ³ H°	47
4.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
4.3.1.	ANOVA Y DUNCAN EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 7 DÍAS	48
4.3.1.1.	ANOVA	48

4.3.1.2.	DUNCAN	50
4.3.2.	ANOVA Y DUNCAN EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 28 DÍAS	51
4.3.2.1.	ANOVA	51
4.3.2.2.	DUNCAN	52
4.4.	ANÁLISIS COMPARATIVOS.....	53
4.4.1.	RELACIÓN ENTRE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y EDAD DEL HORMIGÓN	53
4.4.2.	RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y CANTIDAD DE CEMENTO	55
4.4.3.	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN.....	55
4.4.4.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	58
4.4.5.	RELACIÓN ENTRE EL COSTO/RESISTENCIA	59
4.4.6.	RESULTADO EN BASE A LOS ESTUDIOS REALIZADOS PARA LA APLICACIÓN ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA	60
4.5.	ENSAYOS ADICIONALES	60
4.5.1.	MÓDULO DE ELASTICIDAD	60
4.5.1.1.	COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD CON LA NORMA ACI 318-19, CBH 87 Y NB 1225001.....	61
4.5.1.2.	COMPARACIÓN CON OTROS MÓDULOS DE ELASTICIDAD	62
4.5.2.	ABSORCIÓN Y VOLUMEN DE VACÍOS	63
4.5.2.1.	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN	64
4.5.2.1.1.	COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS CONSULTADOS.....	65
4.5.2.2.	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	65
4.5.2.2.1.	COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS CONSULTADOS.....	66
4.5.2.3.	VOLUMEN DE VACÍOS	67
4.5.2.3.1.	COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS CONSULTADOS.....	68
4.5.2.4.	CONCLUSIÓN PARCIAL DE LA ABSORCIÓN Y VOLUMEN DE VACÍOS	68
4.5.3.	VERIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES OBTENIDAS SI LAS MEZCLAS SE PRODUCEN POR RELACIÓN VOLUMÉTRICA.....	69
4.6.	APLICACIÓN DEL PROYECTO.....	71
CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		74
5.1.	CONCLUSIONES	74
5.2.	CONCLUSIONES DERIVADAS DE LOS ENSAYOS ADICIONALES.....	75
5.3.	RECOMENDACIONES	76
5.4.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
CAPÍTULO VI - ANEXOS.....		81
6.1.	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	81
6.2.	DOSIFICACIONES GRAVIMÉTRICAS.....	92
6.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	116
6.4.	PRECIOS UNITARIOS.....	122
6.4.1.	PRECIO DEL METRO CUBICO (m ³) DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)	122
6.4.2.	PRECIOS UNITARIOS DE LOS HORMIGONES ELABORADOS.....	123
6.5.	PLANILLAS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	127

6.6.	PLANILLAS DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y VOLUMEN DE VACÍOS	135
6.7.	PLANILLAS DE LAS RELACIONES VOLUMÉTRICAS	139
6.8.	APLICACIÓN DEL PROYECTO.....	143
6.9.	COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO DE GRADO Y PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL.....	144
6.9.1.	PLANILLA DEL COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO DE GRADO.....	144
6.9.2.	PLANILLA DE LA PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL	145
6.10.	NORMATIVA ESPAÑOLA (EHE-08) DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD).....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2-1:	Tabla de clasificación de los agregados.....	9
Tabla N° 3-1:	Resistencia a compresión de las revolturas de prueba para 7 y 28 días.....	27
Tabla N° 3-2:	Dosificación base para cada porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD) con la cantidad de cemento de 300 kg/m ³ _H °.....	28
Tabla N° 3-3:	Dosificación base para cada porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD) con la cantidad de cemento de 350 kg/m ³ _H °.....	28
Tabla N° 3-4:	Diseño factorial de dos factores para 7 y 28 días.....	29
Tabla N° 4-1:	Resultados de la curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 1.....	41
Tabla N° 4-2:	Resultados de la curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 2.....	42
Tabla N° 4-3:	Resultados de la curva granulométrica del agregado RCD – muestra 1.....	42
Tabla N° 4-4:	Resultados de la curva granulométrica del agregado RCD – muestra 2.....	43
Tabla N° 4-5:	Peso unitario suelto de los agregados.....	44
Tabla N° 4-6:	Peso unitario compactado de los agregados.....	44
Tabla N° 4-7:	Peso específico de los agregados.....	44
Tabla N° 4-8:	Porcentaje de absorción de los agregados.....	44
Tabla N° 4-9:	Porcentaje de vacíos de los agregados.....	45
Tabla N° 4-10:	Tamiz N° 200 de los agregados.....	45
Tabla N° 4-11:	Desgaste de los ángeles de los agregados gruesos.....	45
Tabla N° 4-12:	Partículas planas y alargadas de los agregados gruesos.....	46
Tabla N° 4-13:	Resistencia a compresión de cada probeta de la cantidad de cemento de 300 kg/m ³ _H ° para 7 y 28 días.....	47
Tabla N° 4-14:	Resistencia a compresión de cada probeta de la cantidad de cemento de 350 kg/m ³ _H ° para 7 y 28 días.....	48
Tabla N° 4-15:	Resistencia a compresión de cada réplica para 7 días.....	48
Tabla N° 4-16:	Análisis Anova del ensayo a compresión para 7 días.....	49
Tabla N° 4-17:	Resistencia a compresión promedio para 7 días.....	50
Tabla N° 4-18:	Determinación de la influencia en el análisis Duncan del ensayo de resistencia a compresión para 7 días.....	50
Tabla N° 4-19:	Resistencia a compresión de cada réplica para 28 días.....	51
Tabla N° 4-20:	Análisis Anova del ensayo a compresión para 28 días.....	52
Tabla N° 4-21:	Resistencia a compresión promedio total para 28 días.....	52
Tabla N° 4-22:	Determinación de la influencia en el análisis Duncan del ensayo de resistencia a compresión para 28 días.....	53

Tabla N° 4-23: Porcentaje de pérdida de resistencia a compresión de los hormigones con agregado RCD respecto de los hormigones tradicionales	55
Tabla N° 4-24: Valores del coeficiente K_N	56
Tabla N° 4-25: Porcentaje de pérdida de resistencia característica de los hormigones con agregado RCD	57
Tabla N° 4-26: Cumplimiento de las resistencias características de los hormigones para 21 MPa	57
Tabla N° 4-27: Porcentaje de pérdida del precio unitario de los hormigones con agregado RCD.....	59
Tabla N° 4-28: Relación costo/resistencia de los hormigones	59
Tabla N° 4-29: Porcentaje de pérdida del módulo de elasticidad de los hormigones con agregado RCD para 28 días.....	61
Tabla N° 4-30: Porcentaje de pérdida del módulo de elasticidad de los hormigones con agregado RCD para 28 días de las diferentes normas.....	62
Tabla N° 4-31: Módulo de elasticidad de diferentes estudios consultados	62
Tabla N° 4-32: Porcentaje de diferencia de los módulos de elasticidad de los hormigones con agregado RCD	63
Tabla N° 4-33: Porcentaje de ganancia de absorción después de inmersión de los hormigones con agregado RCD.....	65
Tabla N° 4-34: Porcentaje de absorción de los estudios consultados.....	65
Tabla N° 4-35: Porcentaje de diferencia del porcentaje de absorción de los estudios consultados	65
Tabla N° 4-36: Porcentaje de ganancia de absorción después de inmersión y ebullición de los hormigones con agregado RCD	66
Tabla N° 4-37: Porcentaje de absorción después de inmersión y ebullición de los estudios consultados.....	66
Tabla N° 4-38: Porcentaje de diferencia del porcentaje de absorción después de inmersión y ebullición de los estudios consultados	67
Tabla N° 4-39: Porcentaje de ganancia de los volúmenes de vacíos de los hormigones con agregado RCD	68
Tabla N° 4-40: Porcentaje de los volúmenes de vacíos de los estudios consultados	68
Tabla N° 4-41: Porcentaje de diferencia de los porcentaje de los volúmenes de vacíos de los estudios consultados	68
Tabla N° 4-42: Porcentaje de diferencia respecto del peso teórico del cemento	71
Tabla N° 4-43: Presupuesto de infraestructura con el hormigón de $300 \text{ kg/m}^3_{H^*}$ - 0% agregado RCD	72
Tabla N° 4-44: Presupuesto de infraestructura con el hormigón de $300 \text{ kg/m}^3_{H^*}$ - 35% agregado RCD ...	72
Tabla N° 6-1: Normativa Española del agregado grueso reciclado (RCD)	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2-1: Proceso de reciclaje del concreto.....	14
Figura N° 3-1: Residuos de construcción y demolición en la planta de transformación de escombros	21
Figura N° 3-2: Planta procesadora de escombros	22
Figura N° 3-3: Grava, gravilla y arena reciclada (RCD) en la planta de transformación de escombros	22
Figura N° 3-4: Agregado grueso natural	23
Figura N° 3-5: Agregado fino natural.....	24
Figura N° 3-6: Traslado de la gravilla reciclada.....	24
Figura N° 3-7: Agregado grueso reciclado (RCD) en el Instituto de Ensayo de Materiales (IEM)	25
Figura N° 3-8: Materiales encontrados en el agregado grueso reciclado (RCD)	26
Figura N° 3-9: Resistencias a compresión de las revolturas de prueba para 7 y 28 días	27
Figura N° 3-10: Probetas cilíndricas 10x20 cm según la norma ASTM C 470	30
Figura N° 3-11: Determinación de la humedad de los agregados	31
Figura N° 3-12: Equipos para realizar el ensayo de consistencia y peso unitario del hormigón fresco	31
Figura N° 3-13: Colocación de los materiales dentro de la mezcladora.....	32
Figura N° 3-14: Medida de la consistencia del hormigón fresco según ASTM C 143	32
Figura N° 3-15: Ejecución del ensayo de peso unitario del hormigón fresco según la norma ASTM C 138.....	33
Figura N° 3-16: Llenado de las probetas con el hormigón fresco.....	33
Figura N° 3-17: Cuarto de curado donde se observa las probetas confeccionas y niveladas	34
Figura N° 3-18: Codificación de las probetas.....	34
Figura N° 3-19: Curado de las probetas en piscina.....	35
Figura N° 3-20: Ensayo a compresión en probetas cilíndricas.....	35
Figura N° 3-21: Determinación del esponjamiento de la arena y llenado de los agregados en el recipiente (balde).....	36
Figura N° 3-22: Preparación de la probeta para el ensayo de módulo de elasticidad	36
Figura N° 3-23: Ejecución del ensayo de módulo de elasticidad según la norma ASTM C 469.....	37
Figura N° 3-24: Muestras de cada hormigón para realizar el ensayo ASTM C 642	37
Figura N° 3-25: Secado de las muestras de cada hormigón	38
Figura N° 3-26: Inmersión y ebullición en agua de las muestras de cada hormigón.....	38
Figura N° 3-27: Determinación de la masa sumergida aparente de las muestras de cada hormigón	39
Figura N° 4-1: Curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 1	41

Figura N° 4-2: Curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 2	42
Figura N° 4-3: Curva granulométrica del agregado RCD – muestra 1	43
Figura N° 4-4: Curva granulométrica del agregado RCD – muestra 2	43
Figura N° 4-5: Composición circunstancial y referencial del agregado RCD.....	46
Figura N° 4-6: Resistencia a compresión vs edad para 300 kg/m ³ _H y los porcentajes de agregado RCD	54
Figura N° 4-7: Resistencia a compresión vs edad para 350 kg/m ³ _H y los porcentajes de agregado RCD	54
Figura N° 4-8: Resistencia a compresión vs cantidad de cemento para 28 días	55
Figura N° 4-9: Resistencia característica de los hormigones para 28 días	57
Figura N° 4-10: Resumen de precios unitarios de los hormigones.....	58
Figura N° 4-11: Módulo de elasticidad promedio de todos los hormigones elaborados para 28 días.....	61
Figura N° 4-12: Porcentaje de absorción promedio después de inmersión de los hormigones para 28 días.....	64
Figura N° 4-13: Porcentaje de absorción promedio después de inmersión y ebullición de los hormigones	66
Figura N° 4-14: Volumen de vacíos promedio de los hormigones para 28 días.....	67
Figura N° 4-15: Resistencia a compresión del hormigón 350 kg/m ³ _H con 20% de agregado RCD de las relaciones volumétricas y la dosificación gravimétrica.....	70
Figura N° 6-1: Precio del agregado grueso reciclado (RCD).....	122



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

CAPÍTULO I - GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

“El desarrollo de un país se puede relacionar con la producción del hormigón, debido a que es un material con alta demanda que contribuye con el progreso social y económico de las ciudades a través de las construcciones que mejoran la calidad de vida de las personas. Es uno de los materiales más importantes que se utilizan en el área de la construcción debido a sus características propicias durables, versátiles, rentables, disponibles, y su alta resistencia a compresión.” (Alape & Santos, 2020, pág. 14)

Los residuos de construcción y demolición son aquellos desechos generados por construir, demoler, excavar y reparar cualquier obra civil o actividad semejante generalmente llamados escombros (Cardenas, 2020, pág. 26). La generación de escombros se ha convertido en un problema de contaminación ambiental al abarcar zonas naturales y convertirse en espacios de disposición final de estos residuos.

En Bolivia los residuos de construcción y demolición no son aprovechados y generan problemas debido a la mala gestión de estos que además producen afectaciones ambientales. Pese a que existen, ordenanzas como las 076/04 y 001/98, y la resolución municipal 427/97 que establecen el cobro de multas por el desecho de residuos y escombros en áreas no autorizadas, pero el control del cumplimiento de estas ordenanzas y resoluciones es ineficiente y los residuos de construcción y demolición (RCD) terminan en zonas públicas, quebradas de ríos y botaderos ilegales.

Debido a esta problemática y con el afán de reutilizar los residuos de construcción y demolición para el reemplazo de agregado natural, se desarrolló este proyecto de grado el cual nos permitirá comparar la resistencia a compresión del hormigón tradicional y el hormigón con agregado grueso reciclado (RCD) como sustituto del agregado grueso natural.

1.2. JUSTIFICACIÓN

“Según el estudio realizado por Swiss Contact en la ciudad de La Paz el año 2017, el municipio generó cerca de un millón de toneladas de escombros, gracias a este análisis se identificaron al menos 30 lugares clandestinos de acumulación de residuos provenientes de construcciones” (Página Siete, 2018). Los lugares de deshecho de residuos de construcción y demolición más frecuentes son los ríos y zonas con

poca población y que han invadido bóvedas y sumideros generando serios problemas en época de lluvias.

En fecha 18 de marzo del 2021, se inauguró la primera planta piloto de transformación de residuos de construcción y demolición en la ciudad de La Paz, con la finalidad de producir agregados reciclados y fabricar baldosas y adoquines, sin embargo no se tiene definido un uso adecuado de esos recursos.

El presente proyecto de grado plantea una alternativa al realizar un nuevo tipo de hormigón estructural con propiedades similares al hormigón convencional pero con ventajas que promuevan su uso bajo ciertas condiciones esperando dar beneficios ambientales al incorporar el agregado grueso reciclado (RCD) con el objetivo de cerrar el ciclo productivo de estos elementos constructivos en el marco de una economía circular.

La investigación busca que el agregado reciclado se pueda incorporar en el rubro de la construcción e incrementar las tasas de reciclaje, reducir el volumen de residuos depositados en vertederos y reducir el consumo de agregado grueso natural.

1.3. FINES

Plantear una alternativa para la utilización del agregado grueso reciclado (RCD) que se produce en la planta de Transformación de Escombros como material para la elaboración de elementos de hormigón estructural, con el fin de poder brindar información a ingenieros, empresas públicas y privadas, gobiernos municipales y departamentales, y el gobierno nacional, para que tomen en cuenta a los residuos de construcción y demolición (RCD) como un recurso para la reducción del impacto ambiental.

1.4. ESTADO DE ARTE

1.4.1. INVESTIGACIONES NACIONALES

➤ **Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba**

▲ Autor(es): Rodrigo Vargas Meneses — Marcos Luján Pérez

El trabajo fue desarrollado en la Universidad Católica Boliviana, esta investigación estudió la revalorización de los residuos de construcción y demolición realizando varias propuestas del sistema de gestión para la ciudad de Cochabamba. Uno de sus puntos de estudio fue la resistencia a compresión y

para este ensayo se utilizaron dos sustituciones de agregado fino natural por el agregado fino reciclado (RCD) de 50% y 100% y se obtuvieron resistencias de 10.9 y 7.8 MPa respectivamente para la edad de 28 días.

1.4.2. INVESTIGACIONES INTERNACIONALES

➔ Estudio comparativo entre un concreto convencional de 3000 psi y un concreto con agregado grueso a partir de 50%, 75% y 100% de RCD

▲ Autor(es): Cristian Mateo Alape Esguerra — Alexandra Santos Piñeros

El trabajo fue desarrollado en la Universidad Santo Tomás en el país de Colombia, esta investigación realizó ensayos de caracterización del agregado reciclado, resistencia a compresión y módulo de elasticidad. Para realizar los dos últimos ensayos mencionados se reemplazó el agregado grueso natural por el agregado grueso reciclado (RCD) en tres diferentes porcentajes de 50%, 75% y 100% y se obtuvieron resistencias a compresión de 31.3, 30.2 y 27.9 MPa respectivamente para la edad de 28 días.

➔ Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra

▲ Autor(es): Jordan Saldaña José Carlos — Viera Caballero Neiser

El trabajo fue desarrollado en la Universidad Nacional del Santa en el país del Perú, esta investigación realizó ensayos de caracterización del agregado reciclado y resistencia a compresión. Para realizar el último ensayo mencionado se reemplazó el agregado grueso natural por agregado grueso reciclado (RCD) en tres diferentes porcentajes de 25%, el 50% y 100% y se obtuvieron resistencias a compresión de 23.1, 26.2 y 23.0 MPa respectivamente para la edad de 28 días.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- ➔ Realizar una comparación de resistencia a compresión entre un hormigón tradicional y otro con agregado grueso reciclado (RCD) para aplicación estructural en la construcción de viviendas.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ➔ Determinar las propiedades físico—mecánicas del agregado grueso reciclado (RCD) que se produce en la “Planta de Transformación de Escombros”, procedente de “Demolición”.

- ↳ Elaborar probetas cilíndricas para ensayos de compresión con dos dosificaciones, variando las cantidades de cemento y diferentes porcentajes de sustitución del agregado grueso natural por el agregado grueso reciclado (RCD), para observar cómo influye en la resistencia a compresión del hormigón.
- ↳ Realizar el ensayo a compresión para edades de 7 y 28 días en las probetas elaboradas.
- ↳ Realizar un análisis comparativo de costo/resistencia entre los hormigones tradicionales y los hormigones con agregado grueso reciclado (RCD).
- ↳ Obtener una dosificación óptima a partir de los resultados obtenidos para un hormigón estructural de 21 MPa (H21) en función a la resistencia característica a compresión y el contenido de agregado grueso reciclado (RCD).

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto de grado se realizó en el Instituto de Ensayo de Materiales (IEM) de la Facultad de Ingeniería – UMSA

1.6.1. MATERIALES

- ↳ **Agregado natural:**
 - ↳ **Agregado grueso:**
 - ✓ Procedente de Chinchaya ubicado en el departamento de La Paz.
 - ✓ Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN) de 3/4”.
 - ↳ **Agregado fino:**
 - ✓ Procedente de Mallasilla ubicado en el departamento de La Paz.
 - ✓ Tamaño máximo nominal del agregado fino (TMN) de N°4.
- ↳ **Agregado grueso reciclado (RCD):**
 - ✓ Procedente de la Empresa Municipal de Áreas Verdes Parques y Forestación (EMAVERDE) de la “Planta de Transformación de Escombros” ubicado en el departamento de La Paz.
 - ✓ Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN) de 1/2”.

↳ **Cemento:**

- ✓ El cemento que se utilizó es el Viacha Especial IP—40 (Portland puzolánico) fabricado por la empresa SOBOCE de la marca Viacha.

↳ **Agua:**

- ✓ Se utilizó agua potable y proveniente del Instituto de Materiales (IEM) ubicado en la zona sur de la ciudad de La Paz.

↳ **Aditivo:**

- ✓ En el proyecto de investigación no se incorporó ningún aditivo en las dosificaciones.

1.6.2. NORMAS

Los ensayos de los agregados, hormigón fresco y hormigón endurecido, se realizaron de acuerdo a las normas “American Society for Testing and Materials” (ASTM).

↳ **Ensayos para el agregado grueso natural y reciclado (grava):**

- ✓ Granulometría según la norma ASTM C 136.
- ✓ Peso Específico y Absorción según la norma ASTM C 127.
- ✓ Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso según la norma ASTM C 29.
- ✓ Material más fino que el Tamiz N° 200 según la norma ASTM C 117.

↳ **Ensayos para el agregado fino natural (arena):**

- ✓ Granulometría según la norma ASTM C 136.
- ✓ Peso Específico Agregado y Absorción del agregado Fino según la norma ASTM C 128.
- ✓ Peso Unitario según la norma ASTM C 29.
- ✓ Material más fino que el Tamiz N° 200 según la norma ASTM C 117.

↳ **Hormigón fresco:**

- ✓ El asentamiento de la mezcla según la norma ASTM C 143.
- ✓ Peso unitario del hormigón fresco según la norma ASTM C 138.
- ✓ La elaboración y curado de los especímenes de hormigón según la norma ASTM C 192.

- ✓ Las probetas de forma cilíndrica y tienen las siguientes dimensiones: 10 cm de diámetro y 20 cm de altura según la norma ASTM C 470.

➔ **Hormigón Endurecido:**

- ✓ Ensayo de resistencia a compresión para probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, se realizó según la norma ASTM C 39.

1.6.3. PARÁMETROS CONSTANTES

- ➔ Método de Dosificación: Para el cálculo de las proporciones en la mezcla se utilizó el método expuesto por el American Concrete Institute — ACI 211.1, trabajando conjuntamente con el libro “Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón” (Autor: Ing. Fernando Cerruto Anibarro).
- ➔ Asentamiento: El asentamiento para tener un hormigón trabajable midió en el cono de Abrams un valor de 7 ± 1 cm.
- ➔ Compactado: Se realizó mediante la vibro compactación en la mesa vibradora del Instituto de Ensayo de Materiales (IEM).
- ➔ Curado: El curado de las probetas cilíndricas se realizó en las piscinas del Instituto de Ensayo de Materiales (IEM).
- ➔ Edades de rotura: Los ensayos de compresión se realizaron a 7 y 28 días.

1.6.4. PARÁMETROS VARIABLES

- ➔ Porcentajes de sustitución de los agregados gruesos reciclados (RCD): se utilizaron tres porcentajes de sustitución de 20, 35 y 50%.
- ➔ Cantidades de cemento: se utilizaron dos cantidades de cemento de 300 y 350 kg/m³ de Hormigón.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

2.1. AGREGADO NATURAL

“Es un material granular compuesto de partículas de origen pétreo de diferentes tamaños, duras y estables, cuyo objeto básico es constituir un esqueleto granular para el hormigón. Generalmente se integra mediante dos o más fracciones, cada una de las cuales contiene una gama diferente de tamaños de partículas.

Como agregados para la confección de hormigones pueden emplearse arenas y gravas naturales o procedentes de chancado o trituración, que reúnan en igual o superior grado las características de resistencia y durabilidad que se le exijan al hormigón o al mortero. Deben de elegirse de acuerdo con su naturaleza, resistencia, a veces hay que contentarse con los agregados disponibles en el lugar donde se ubica la obra o en sus proximidades, forma, absorción de agua, durabilidad, granulometría y otros”. (Cerruto, Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón, 2015, pág. 2-11)

Los agregados para su empleo en hormigones se clasifican genéricamente como agregado grueso y agregado fino. Sin embargo una clasificación más amplia, se la muestra en la tabla N° 2-1.

Tamaño, pulg (mm)	Denominación	Denominación Genérica	Observaciones
Mayor que 2 ½	Piedra	Agregado Grueso	Agregado para Hormigones
2 ½ a ¾ (63 a 19)	Grava		
¾ a N°4 (19 a 4.75)	Gravilla		
N° 4 a N° 10 (4.75 a 2.00)	Arena Gruesa	Agregado Fino	
N° 10 a N° 40 (2.00 a 0.425)	Arena Media		
N° 40 a N° 200 (0.425 a 0.075)	Arena Fina		
N° 200 a 0.002 (0.0075 a 0.002)	Limo	Fracción muy fina	
Menor a 0.002	Arcilla		

Tabla N° 2-1: Tabla de clasificación de los agregados
Fuente: Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón, Cerruto, 2015

2.2. AGREGADO RECICLADO

“Los agregados reciclados son provenientes del tratamiento de demolición o residuos de estructuras de hormigón. Se procede a llevarlos a partículas de tamaño similar al de los agregados naturales”. (ASOCRETO, 2011, pág. 32)

2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

“Debido al carácter heterogéneo de este material, existen diversos criterios de clasificación de los agregados reciclados y son los siguientes:

- ↳ Clasificación por composición: según este método, el agregado reciclado se clasifica en función de rangos preestablecidos que delimitan la cantidad de los elementos, pétreos o no, que deben componer el material (material cerámico, de hormigón, asfáltico y otros). Este criterio de clasificación es bastante usual entre las normas europeas.
- ↳ Clasificación por granulometría: el agregado reciclado se clasifica en función de rangos preestablecidos que delimitan el agregado por tamaños máximos y mínimos del material. Generalmente se presenta asociado a otro criterio de clasificación.
- ↳ Clasificación por limpieza: el agregado reciclado se clasifica en función de la limpieza del material. Generalmente, las categorías se definen en función de rangos preestablecidos que delimitan la cantidad de determinados elementos no pétreos que pueden estar presentes en el material.
- ↳ Clasificación por calidad: el agregado reciclado se clasifica directamente en función de sus distintas propiedades técnicas. Las categorías se definen en función de la idoneidad técnica del material para una determinada utilización prevista.
- ↳ Clasificación por uso: según este método, para cada tipo de uso se establece una clasificación particular, bien sea por criterios de clasificación, de composición y/o de calidad.

Actualmente no existe un consenso general sobre los métodos de clasificación existentes. Cada país ha desarrollado categorías propias en función de sus necesidades particulares, al final, pesan más los condicionantes territoriales que los aspectos técnicos”. (Proyecto GEAR, 2012, pág. 57)

A continuación se muestran algunas clasificaciones de los agregados reciclados.

➤ **ACI – Estados Unidos**

“Aunque no existen normas específicas al respecto si existen otras que se utilizan como base para determinar las propiedades de los agregados reciclados. Actualmente el comité 555 de ACI elabora un

documento para normalizar la utilización de agregados reciclados en hormigón. Cabe reseñar que dichos agregados se clasifican según las siguientes categorías:

- ↳ a) Residuos triturados procedentes de demoliciones: Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y que contienen cierto porcentaje de otros elementos contaminantes.
- ↳ b) Residuos de demolición clasificados y limpios: Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y sin presencia de otros elementos contaminantes.
- ↳ c) Residuos cerámicos limpios: Son restos de ladrillos triturados y clasificados que contienen menos del 5% de hormigón, materiales pétreos u otros contaminantes.
- ↳ d) Residuos de hormigón limpios: Son restos de hormigones triturados y clasificados que contienen menos del 5% de restos de ladrillo, materiales pétreos u otros contaminantes.

A todos ellos se les exige, cuando vayan a ser utilizados en la producción de hormigón, que posean la dureza adecuada para conseguir la resistencia a compresión deseada, que no provoquen reacciones indeseables con otros componentes de la mezcla, y que su granulometría y forma sean las adecuadas para obtener una buena trabajabilidad con ellos". (Lopez Gayarre, 2008, pág. 40)

➤ **Proyecto GEAR – ESPAÑA**

“La clasificación en base a la composición está formada por cuatro tipos o categorías de agregados reciclados:

- ↳ Categoría ARH: Agregados Reciclados de Hormigón: el contenido de hormigón y piedra natural (sin mortero adherido) es del 90% o más en peso. Se suma el contenido de hormigón al de piedra natural, por considerar que tienen un comportamiento asimilable.
- ↳ Categoría ARMh: Agregados Reciclados Mixtos de Hormigón: el contenido de hormigón y piedra es menor al 90% y el de material cerámico no alcanza el 30%.
- ↳ Categoría ARMc: Agregados Reciclados Mixtos Cerámicos: el contenido de material cerámico supera el 30%.

- Categoría ARC: Agregados Recicladados Cerámicos: el contenido de material cerámico supera el 70%". (Proyecto GEAR, 2012, pág. 61)

➤ DIN – Alemania

“En Alemania la norma DIN 4226-100 clasifica los agregados reciclados en cuatro categorías diferentes:

- TIPO 1: Son agregados que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de agregados minerales. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 10%.
- TIPO 2: Son agregados que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de agregados minerales en con un porcentaje mínimo del 70%. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 30%.
- TIPO 3: Son agregados que en su mayoría proceden de residuos cerámicos en una proporción mínima del 80%. Presentan un contenido máximo de materiales procedentes de hormigón o agregados minerales del 20%.
- TIPO 4: Son agregados que en su mayoría proceden de una mezcla de RCDs con un contenido mínimo de los 80% de material procedente de hormigón, agregados minerales o productos cerámicos”. (Lopez Gayarre, 2008, pág. 43)

➤ RILEM – ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL

“La RILEM distingue tres tipos de agregados reciclados:

- TIPO I: agregados procedentes mayoritariamente de fábrica de ladrillo.
- TIPO II: agregados procedentes mayoritariamente de residuos de hormigón con un contenido máximo de residuos cerámicos del 10%.
- TIPO III: agregados compuestos por una mezcla de agregados naturales mayor del 80%. El resto puede estar integrado por un 10% como máximo de agregados tipo I o un hasta un 20% de agregados tipo II”. (Lopez Gayarre, 2008, pág. 44)

2.2.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL AGREGADO RECICLADO

“La producción de agregados reciclados procedentes de residuos de hormigón se realiza de forma similar al proceso que se emplea para producir agregados naturales machacados. Las plantas que se emplean con dicha finalidad incorporan varios tipos de trituradoras, tamizadoras y equipos para eliminar los residuos no deseados. Si los residuos son seleccionados adecuadamente en origen, los sistemas de eliminación de materiales no deseados se ven reducidos sensiblemente. Las plantas de producción de agregados reciclados pueden clasificarse, en función de su capacidad de transporte, en plantas fijas y plantas móviles presentando las primeras una capacidad de producción sustancialmente mayor”. (Lopez Gayarre, 2008, pág. 14)

2.2.2.1. DEMOLICIÓN SELECTIVA

“Se lleva a cabo con el fin de separar y prevenir la mezcla de materiales perjudiciales como madera, cartón, plásticos, etc, de los agregados reciclados que se desean obtener. Los escombros procedentes de obras de ingeniería civil presentan una baja contaminación, pero al proceder la mayoría de los residuos de construcción y demolición de estructuras de edificación, si la demolición no se realiza de forma selectiva, el proceso de separación y selección ha de realizarse posteriormente en la planta de reciclaje con un aumento de costes. Es indudable que el proceso de demolición selectiva resultará más caro que la demolición tradicional pero puede compensarse en parte al reducirse los costes de transporte. El proceso de demolición selectiva se lleva a cabo desmantelando en primera instancia las molduras y sacando los desechos, a continuación se desmantela la carpintería de taller (puertas, ventanas, etc), la cubierta y las instalaciones (agua, saneamiento, electricidad, gas, etc). Posteriormente se demuele la tabiquería y, por último, se procede a la demolición de la estructura”. (Lopez Gayarre, 2008, pág. 14)

2.2.2.2. ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS

El proceso de producción de agregados reciclados varía de unas plantas productoras a otras, según las necesidades y el destino final del producto obtenido. En la figura N° 2-1 puede observarse un esquema simplificado de dicho proceso.

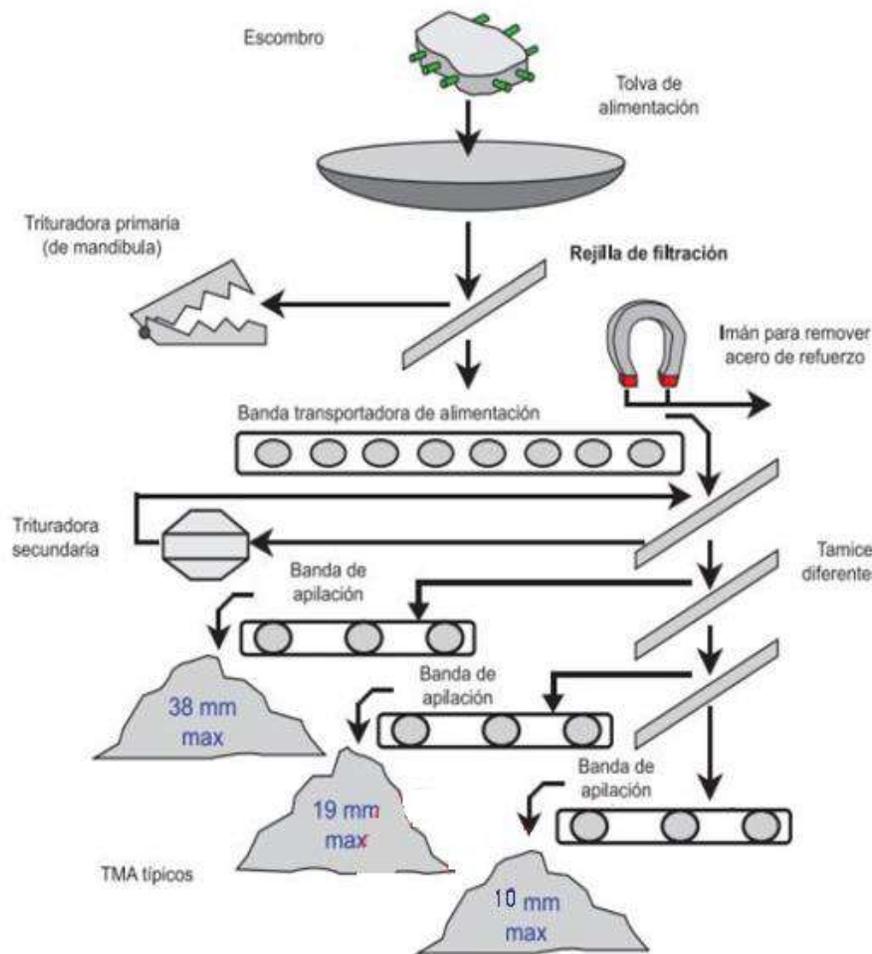


Figura N° 2-1: Proceso de reciclaje del concreto
Fuente: Noticreto Edición 108, 2011 (www.issuu.com)

▲ Nota: Cabe señalar que no se sabe cómo se obtienen los residuos de construcción y demolición (RCD) y tampoco se cuenta con información de la forma de trituración y clasificación del agregado reciclado en la Planta de Transformación de Escombros de EMAVERDE.

“De forma resumida puede describirse a través de las siguientes operaciones:

➔ Separación de los contaminantes: Esta es fundamental cuando el agregado resultante va a formar parte de nuevas mezclas de concreto o va a utilizarse en rellenos y carreteras. Los contaminantes que existen pueden ser el mismo acero u otros materiales como el asfalto, selladores de juntas, ladrillos y demás escombros de construcción del concreto. Las piezas de acero de refuerzo pueden ser removidas mediante el uso de cizallas hidráulicas.

- Ruptura y transporte del concreto: Para mayor eficiencia, el concreto debe fracturarse en fragmentos manejables para ser cargado en un vehículo y transportado hasta el lugar de trituración. La utilización de plantas móviles de reciclaje puede agilizar este paso y disminuir las distancias de transporte del material con el ahorro consiguiente de costos en la obtención del agregado de concreto reciclado (ACR).
- Trituración de fragmentos: En este proceso pueden utilizarse diversos tipos de maquinaria para obtener diferentes tamaños de agregados. Lo normal es una trituradora primaria que reduce los fragmentos a un material de diámetro entre 80 y 100 mm, y una trituradora secundaria que reduce estos remanentes al tamaño máximo de agregado que se busca. Pueden usarse trituradoras de tipo cono, de mandíbula, de impacto u otras”. (ASOCRETO, 2011, pág. 33)

2.2.2.3. LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS

“Cabe señalar que una vez conocido el proceso de producción del agregado reciclado, es fundamental conocer los aspectos claves para la logística de producción de estos materiales. Es deseable, desde el punto de vista de costos de producción, que tanto la fuente de residuos procedentes de demolición, la planta de trituración de estos desechos de construcción y la planta de fabricación del concreto estén cercanos. Para una óptima producción de agregados reciclados debe evaluarse cuidadosamente el lugar de localización de las plantas de trituración de reciclaje de demolición (RCD), con el fin de reducir los costos y las distancias de transporte de los productos de demolición y los agregados reciclados. El agregado fino reciclado es rara vez usado como agregado reciclado debido a la demanda de agua que generaría en la mezcla, con los consecuentes problemas de reducción en la resistencia a compresión y retracción del concreto”. (Bazalar La Puerta & Cadenillas Calderón, 2019, pág 28)

2.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

2.2.3.1. VENTAJAS

Las ventajas de usar los agregados de residuos de construcción y demolición son principalmente ambientales y económicas.

- ↳ “Ambientales: La preocupación por el medio ambiente motiva una mayor demanda por productos ecológicos. La reutilización de materiales de residuos de construcción y demolición beneficiaria porque:
 - ⤴ El no aprovechar materiales recuperados implica el uso de materiales vírgenes en su lugar.
 - ⤴ Por lo general, el hormigón recuperado suele ser inerte.
 - ⤴ Reducción de costos e impactos medio ambientales asociados a la explotación de recursos naturales.
 - ⤴ Ofrece una alternativa para reducir espacios de disposición final.
- ↳ Económicas: El costo de los agregados naturales y sus costos de transporte pueden ser mayores a aquellos de los agregados reciclados, debido a que la plantas de producción de los agregados reciclados se encuentran en áreas urbanas cercanas a proyectos de construcción y que los agregados naturales por lo general necesitan ser transportados desde lugares mucho más alejados”. (Cement Sustainability Initiative, pág. 44)

2.2.3.2. DESVENTAJAS

Al utilizar los agregados reciclados se tienen ciertas desventajas como:

- ⤴ “Falta de conocimiento y ausencia de experiencias de campo.
- ⤴ Dificultad para obtener la cantidad suficiente de material a reciclar para alcanzar el equilibrio económico.
- ⤴ La calidad del agregado reciclado depende del material original obtenido.
- ⤴ El proceso de separación y el nivel de procesamiento en la planta afectan en la calidad del agregado reciclado.
- ⤴ La contaminación de otros materiales (madera, cerámica, etc.) también afecta la calidad del agregado reciclado.
- ⤴ Si el precio de los agregados naturales es bajo, esto afecta a la producción de los agregados reciclados”. (Cement Sustainability Initiative, pág. 44)

2.2.3.2.1. DESVENTAJAS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS EN BOLIVIA

Las desventajas que se presentan son las siguientes:

- No se tiene una normativa técnica y específica para la aplicación de los agregados reciclados, lo cual hace que su reutilización no sea la más adecuada.
- No se conoce el origen y calidad de las propiedades de los hormigones demolidos.
- No se tiene sitios adecuados de disposición final donde se separen los materiales que provienen de las demoliciones, lo cual hace que el proceso de selección de estos materiales sea más complicado.
- El precio de los agregados naturales en el occidente del país es bajo.

2.2.4. USOS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

2.2.4.1. AGREGADO GRUESO RECICLADO

2.2.4.1.1. PARA EL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

“Una percepción equivocada muy común es que los agregados gruesos a partir de hormigón reciclado no deberían ser utilizados en hormigón estructural debido a que la resistencia a compresión disminuye con respecto a los hormigones convencionales, manteniendo en ambos la misma relación agua-cemento, siendo dicha disminución más significativa cuanto mayor sea el porcentaje de agregado grueso sustituido. Las pérdidas de resistencia son muy pequeñas cuando el porcentaje de sustitución no supera el 30%. Cuando el porcentaje sustituido es del 50% la resistencia varía en una horquilla comprendida entre una ganancia puntual del 5% y pérdidas de hasta el 16%. Cuando dicho porcentaje aumenta al 100% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y el 23%.

Otro aspecto que influye directamente en la resistencia a compresión del hormigón reciclado es la calidad del hormigón de origen. Con un agregado reciclado de baja calidad, procedente de un hormigón de baja resistencia o en mal estado, fabricaremos un hormigón reciclado cuya resistencia a compresión no superará la del hormigón original ni reduciendo la relación agua-cemento. Por el contrario, si los agregados reciclados provienen de hormigones con una elevada calidad, el hormigón reciclado obtenido podrá presentar resistencias incluso superiores a las del hormigón de control”. (Lopez Gayarre, 2008, pág. 55)

A continuación se muestran algunas investigaciones internacionales y sus recomendaciones sobre los porcentajes idóneos para el empleo del agregado grueso reciclado en el hormigón.

- ↳ “Un estudio realizado por la National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) en los Estados Unidos concluyó que los agregados de hormigón reciclado son sustitutos aptos en reemplazo de materiales vírgenes hasta en un 10% para la mayoría de aplicaciones del hormigón, incluso hormigón estructural.
- ↳ Investigaciones en el Reino Unido indican que se puede utilizar hasta un 20% de agregados de hormigón reciclado en la mayoría de aplicaciones (también hormigón estructural).
- ↳ Los lineamientos del gobierno australiano indican que se puede utilizar hasta un 30% de agregados reciclados en hormigón estructural sin que esto implique algún detrimento en su resistencia y maleabilidad en comparación con agregados vírgenes.
- ↳ Los lineamientos en Alemania permiten que bajo ciertas circunstancias los agregados de hormigón reciclado sean hasta el 45% del total de los agregados utilizados dependiendo del tipo de exposición del hormigón”. (Cement Sustainability Initiative, pág. 27)

2.2.4.1.2. PARA BASES VIALES Y SUBBASES

“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”. (Cement Sustainability Initiative, pág. 27)

2.2.4.2. AGREGADO FINO RECICLADO

“La arena reciclada es uno de los materiales habituales que se preparan en las plantas de reciclado de los residuos de construcción y demolición (RCD), para su posterior empleo en las obras de construcción. Su uso más habitual es el de lecho y envuelta de tuberías, siendo también empleada como capas de regularización y rellenos diversos en función de sus características físico-químicas”. (Cement Sustainability Initiative, pág. 28)





CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO III - DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. METODOLOGÍA

El proyecto de grado se dividió en las siguientes etapas:

- ↳ Primera etapa: Planificación del proyecto
- ↳ Segunda etapa: Materiales
- ↳ Tercera etapa: Ensayos de caracterización de los agregados
- ↳ Cuarta etapa: Dosificación de los hormigones
- ↳ Quinta etapa: Diseño del experimento
- ↳ Sexta etapa: Proceso de elaboración del hormigón fresco y ensayos del hormigón endurecido

3.2. PRIMERA ETAPA: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.2.1. PLANTA DE TRANSFORMACIÓN DE ESCOMBROS

Se visitó la planta de transformación de escombros que se encuentra en la ciudad de La Paz para realizar el carguío y traslado del agregado reciclado y se pudo observar que no existía un control adecuado en la separación de los contaminantes consecuentemente estos tienen incidencias en las propiedades de los agregados reciclados.



Figura N° 3-1: Residuos de construcción y demolición en la planta de transformación de escombros
Fuente: Elaboración propia, 2023

Se pudo observar también en la planta que existen tres salidas de los agregados (grava, gravilla y arena)



Figura N° 3-2: Planta procesadora de escombros
Fuente: Elaboración propia, 2023

En las siguientes figuras se muestran los acopios de la grava, gravilla y arena reciclada que se encontraron en la planta de transformación de escombros.



Figura N° 3-3: Grava, gravilla y arena reciclada (RCD) en la planta de transformación de escombros
Fuente: Elaboración propia, 2023

Para proyecto de grado se optó por usar la gravilla reciclada, debido a que la grava reciclada tenía muchas impurezas y esta afectaría de gran manera a la resistencia. En cuanto a la arena reciclada, se observó que tenía una contextura muy fina parecida a polvo y también esta afectaría de gran manera a la resistencia, por estos motivos se descartó la utilización de estos agregados.

3.3. SEGUNDA ETAPA: MATERIALES

3.3.1. CEMENTO

El cemento que se utilizó fue el tipo IP—40 y se compraron 8 bolsas. La compra fue financiada por el tesista de este proyecto.

3.3.2. AGUA

El agua que se utilizó en el proyecto proviene de la red pública que suministra EPSAS para la zona sur de la ciudad de La Paz.

3.3.3. AGREGADO GRUESO NATURAL

El agregado grueso natural con TMN de 3/4" proviene de la chancadora de Chinchaya en la ciudad de La Paz y se compraron 10 metros cúbicos. La compra y traslado fue financiado por el Instituto de Ensayo de Materiales (IEM), y posteriormente fue donado para realizar este y otros proyectos de investigación.



Figura N° 3-4: Agregado grueso natural
Fuente: Elaboración propia, 2023

3.3.4. AGREGADO FINO NATURAL

El agregado fino proviene de Mallasilla en la ciudad de La Paz y se compraron 3 metros cúbicos. La compra y traslado fueron financiados por los tesistas para realizar este y otro proyecto de investigación.



Figura N° 3-5: Agregado fino natural
Fuente: Elaboración propia, 2023

3.3.5. AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)

El agregado grueso reciclado (RCD) con TMN de 1/2" proviene de la planta de transformación de escombros en la ciudad de La Paz. La alcaldía de La Paz donó 3 metros cúbicos, pero el traslado desde la planta al Instituto de Ensayo de Materiales (IEM) fue financiado por los tesistas para realizar este y otro proyecto de investigación.



Figura N° 3-6: Traslado de la gravilla reciclada
Fuente: Elaboración propia, 2023



Figura N° 3-7: Agregado grueso reciclado (RCD) en el Instituto de Ensayo de Materiales (IEM)
Fuente: Elaboración propia, 2023

3.4. TERCERA ETAPA: ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

3.4.1. CEMENTO

El peso específico del cemento Viacha Especial IP—40 fue proporcionado por el IEM.

- ✦ Peso específico del cemento fue de 3.010

3.4.2. AGUA

El agua al ser potable fue considerada apta para la elaboración del hormigón.

3.4.3. AGREGADOS

Los cálculos realizados en los ensayos de los agregados se encuentran en el anexo 6.1.

3.4.3.1. AGREGADO GRUESO NATURAL

- ✦ Granulometría (ASTM C 136)
- ✦ Peso Específico y Absorción del agregado grueso (ASTM C 127)
- ✦ Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso (ASTM C 29)
- ✦ Material más fino que el Tamiz N° 200 (ASTM C 117)

3.4.3.2. AGREGADO FINO NATURAL

- ✦ Granulometría (ASTM C 136)
- ✦ Peso Específico y Absorción del agregado Fino (ASTM C 128)
- ✦ Peso Unitario (ASTM C 29)
- ✦ Material más fino que el Tamiz N° 200 (ASTM C 117)

3.4.3.3. AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)

- ▲ Granulometría (ASTM C 136)
- ▲ Peso Específico y Absorción del agregado grueso (ASTM C 127)
- ▲ Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso (ASTM C 29)
- ▲ Material más fino que el Tamiz N° 200 (ASTM C 117)
- ▲ Composición referencial y circunstancial del agregado grueso reciclado (RCD):
Adicionalmente de manera meramente informativa para el proyecto de grado se determinó la composición de este agregado en peso. Cabe señalar que no se tiene ninguna norma específica en las normas ASTM para realizar este ensayo, por lo tanto, se determinó su composición por simple inspección para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:
 - ✓ Se homogenizó el material en estado húmedo y obtuvieron muestras por cuarteo (2 kg aproximadamente), y se secaron hasta peso constante en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C por 24 horas.
 - ✓ Sobre una superficie limpia y por simple inspección se seleccionó y se separó en recipientes las partículas de diferentes materiales como se muestra en la figura N° 3-8.
 - ✓ Una vez separados los diferentes materiales en los recipientes se pesaron.



Figura N° 3-8: Materiales encontrados en el agregado grueso reciclado (RCD)
Fuente: Elaboración propia, 2023

3.5. CUARTA ETAPA: DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Para las dosificaciones se utilizó el método ACI 211.1, que se emplea en la mayor parte de obras y con un procedimiento práctico para dosificar hormigones.

3.5.1. REVOLTURAS DE PRUEBA

Se realizaron las revolturas de prueba considerando las cantidades de cemento de 300, 350 y 400 $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$ y los porcentajes de agregado grueso reciclado (RCD) de 0, 20, 35 y 50% hasta llegar a las dosificaciones definitivas. Se obtuvieron las resistencias a compresión para 7 y 28 días.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS REVOLTURAS DE PRUEBA [MPa]					
Edad	Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD) [%]			
		0	20	35	50
7 días	300 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$]	20.5	19.5	18.5	18.0
	350 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$]	24.8	24.2	23.0	21.4
	400 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$]	29.8	27.5	26.2	25.2
28 días	300 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$]	25.1	24.1	23.9	23.0
	350 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$]	32.1	31.0	29.3	26.6
	400 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$]	36.1	34.7	33.5	30.6

Tabla N° 3-1: Resistencia a compresión de las revolturas de prueba para 7 y 28 días
Fuente: Elaboración propia, 2023

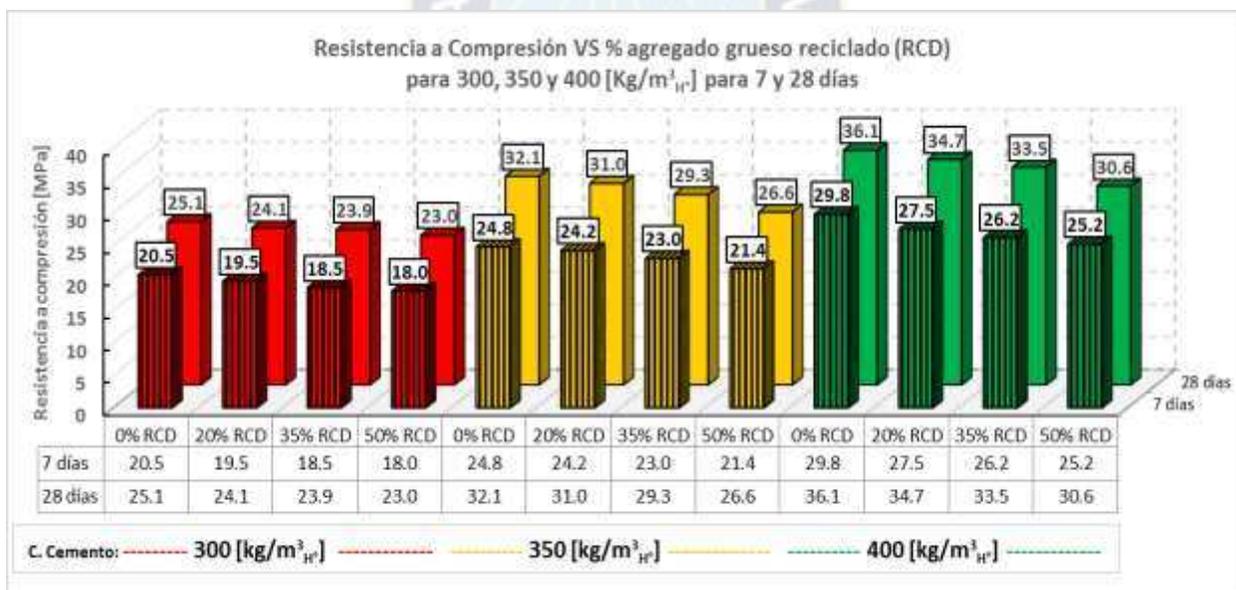


Figura N° 3-9: Resistencias a compresión de las revolturas de prueba para 7 y 28 días
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 3-9, se observó que hubo un incremento de resistencia a compresión con un valor medio de 23.7% entre las cantidades de cemento de 300 y 350 $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$. Sin embargo, solo hubo un incremento de resistencia a compresión con valor medio de 13.4% entre las cantidades de cemento de 350 y 400 $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}^{\circ}}$.

De estas tres cantidades de cemento solo se escogieron dos para realizar el proyecto de grado que

fueron 300 y 350 kg/m³_H. Se descartó la cantidad de cemento de 400 kg/m³_H porque se observó que no se obtuvo un crecimiento muy notable de la resistencia a compresión entre las cantidades de cemento de 350 y 400 kg/m³_H como entre las cantidades de cemento de 300 y 350 kg/m³_H. Esto se debe porque al incrementar cantidades de cemento en exceso, no tiene un efecto de crecimiento proporcional en la resistencia.

3.5.2. DOSIFICACIONES BASE

En las tablas N° 3-2 y 3-3, se tienen las dosificaciones definitivas obtenidas después de las revolturas de prueba y en el anexo 6.2. se encuentran las planillas de dosificación y resistencia.

DOSIFICACIÓN APROBADA - CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 [kg/m ³ _H]					
Material		Porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD) [%]			
		0	20	35	50
Agua	: [kg/m ³]	207.57	213.19	215.63	217.69
Cemento	: [kg/m ³]	300.00	300.00	300.00	300.00
Agregado Grueso Natural (Grava)	: [kg/m ³]	969.60	751.44	598.06	449.10
Agregado Grueso Reciclado (RCD)	: [kg/m ³]	—	187.86	322.03	449.10
Agregado Natural Fino	: [kg/m ³]	793.31	768.50	752.79	734.88
Peso de los Materiales para 1 [m ³]	: [kg/m ³]	2270.49	2220.99	2188.52	2150.77
Aire	: [%]	0.957	0.836	0.734	0.924
a/c	: —	0.692	0.711	0.719	0.726
As	: [cm]	7.0	7.0	7.0	7.0

Tabla N° 3-2: Dosificación base para cada porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD) con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_H

Fuente: Elaboración propia, 2023

DOSIFICACIÓN APROBADA - CANTIDAD DE CEMENTO DE 350 [kg/m ³ _H]					
Material		Porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD) [%]			
		0	20	35	50
Agua	: [kg/m ³]	209.87	217.61	219.41	221.67
Cemento	: [kg/m ³]	350.00	350.00	350.00	350.00
Agregado Grueso Natural (Grava)	: [kg/m ³]	945.65	728.06	579.80	436.58
Agregado Grueso Reciclado (RCD)	: [kg/m ³]	—	182.02	312.20	436.58
Agregado Natural Fino	: [kg/m ³]	773.70	744.62	729.83	714.39
Peso de los Materiales para 1 [m ³]	: [kg/m ³]	2279.22	2222.30	2191.23	2159.21
Aire	: [%]	0.754	0.844	0.763	0.743
a/c	: —	0.600	0.622	0.627	0.633
As	: [cm]	7.0	7.0	7.0	7.0

Tabla N° 3-3: Dosificación base para cada porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD) con la cantidad de cemento de 350 kg/m³_H

Fuente: Elaboración propia, 2023

3.6. QUINTA ETAPA: DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Para la realización del diseño experimental factorial del proyecto de grado, se tomaron en cuenta la replicación, aleatorización y el control local, donde:

- ↪ En la repetición o replicación se realizaron las mismas cantidades de repeticiones o réplicas en todas las combinaciones.
- ↪ En la aleatorización se designó un número para cada vaciado en específico, luego se escogió al azar uno de estos números para realizar el vaciado.
- ↪ En el control local se realizaron los ensayos con los mismos materiales, mismos equipos, dando los mismos tratamientos a los ensayos después de los vaciados, curando en los mismos periodos, haciendo los ensayos en las mismas edades.

Para el diseño factorial en las probetas cilíndricas a compresión, se tomaron 2 factores:

- ⤴ Factor R: porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD), el cual se denominó agregado RCD
- ⤴ Factor C: Cantidad de cemento

Considerando que el factor R sean las (columnas) y el factor C sean las (filas) y además tendremos las réplicas, y por lo tanto se generaron las siguientes tablas:

DISEÑO FACTORIAL DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA 7 DÍAS				
Factor C	Factor R (Porcentaje de agregado RCD)			
(Cantidad de Cemento)	0%	20%	35%	50%
300 [kg/m³_{H₂O}]	K _{1,1}	K _{2,1}	K _{3,1}	K _{4,1}
	K _{1,2}	K _{2,2}	K _{3,2}	K _{4,2}
	K _{1,3}	K _{2,3}	K _{3,3}	K _{4,3}
350 [kg/m³_{H₂O}]	K _{1,4}	K _{2,4}	K _{3,4}	K _{4,4}
	K _{1,5}	K _{2,5}	K _{3,5}	K _{4,5}
	K _{1,6}	K _{2,6}	K _{3,6}	K _{4,6}
DISEÑO FACTORIAL DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA 28 DÍAS				
Factor C	Factor R (Porcentaje de agregado RCD)			
(Cantidad de Cemento)	0%	20%	35%	50%
300 [kg/m³_{H₂O}]	K _{1,1}	K _{2,1}	K _{3,1}	K _{4,1}
	K _{1,2}	K _{2,2}	K _{3,2}	K _{4,2}
	K _{1,3}	K _{2,3}	K _{3,3}	K _{4,3}
350 [kg/m³_{H₂O}]	K _{1,4}	K _{2,4}	K _{3,4}	K _{4,4}
	K _{1,5}	K _{2,5}	K _{3,5}	K _{4,5}
	K _{1,6}	K _{2,6}	K _{3,6}	K _{4,6}

Tabla N° 3-4: Diseño factorial de dos factores para 7 y 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

Donde $K_{1,1}$, $K_{1,2}$, etc., fue el promedio de resistencia a compresión obtenido en tres probetas cilíndricas de una misma amasada (porcentaje de agregado grueso reciclado respecto a la cantidad de cemento utilizada), y se hicieron tres replicas para cada porcentaje de agregado reciclado y cantidad de cemento.

Se realizó un Análisis de Varianza ANOVA para ver la homogeneidad de varianzas, es decir que sea estadísticamente valedero, que todo el procedimiento realizado sea controlado y además se compararon los promedios para saber si existieron diferencias significativas usando la prueba Duncan.

3.7. SEXTA ETAPA: PROCESO DE ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO Y ENSAYOS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

Para los vaciados de las revolturas de prueba y las dosificaciones se siguió el siguiente procedimiento:

- Un día antes se realizaron las homogenizaciones del agregado grueso natural, agregado grueso reciclado (RCD) y agregado fino. Después se tomaron dos muestras de cada uno para determinar su humedad y se los introdujeron al horno. Posteriormente se guardaron los agregados en baldes diferentes. Al día siguiente se realizó la limpieza y preparación de las probetas cilíndricas (10x20 cm cumpliendo requisitos de TMN de acuerdo a la norma ASTM C 470) para los vaciados.



Figura N° 3-10: Probetas cilíndricas 10x20 cm según la norma ASTM C 470

Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Después se sacaron las muestras del horno, se registraron sus pesos y se hallaron sus porcentajes de humedad. Luego se realizaron las correcciones por humedad para las dosificaciones que se hicieron ese día.



Figura N° 3-11: Determinación de la humedad de los agregados
Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Se pesaron las cantidades de los materiales requeridos según la dosificación: agregado grueso natural, agregado grueso reciclado (RCD) y agregado fino. Cada uno se introdujo en un balde por separado.
- ➔ Se prepararon los instrumentos de los ensayos para hormigón fresco: el cono de Abrams, recipiente para el peso unitario, apisonador, regla y bañadores para su lavado.



Figura N° 3-12: Equipos para realizar el ensayo de consistencia y peso unitario del hormigón fresco
Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Se humedeció la mezcladora y se introdujeron los materiales en el siguiente orden: 80% del agua, agregado grueso natural, agregado grueso reciclado (RCD), agregado fino, cemento y al final se introdujo el agua restante.



Figura N° 3-13: Colocación de los materiales dentro de la mezcladora

Fuente: Elaboración propia, 2023

- ↪ Para el hormigón fresco, se determinó el asentamiento según ASTM C 143 en el cono de Abrams, la medida buscada fue de 7 ± 1 cm y después se dieron dos golpes para observar la cohesión de la mezcla.



Figura N° 3-14: Medida de la consistencia del hormigón fresco según ASTM C 143

Fuente: Elaboración propia, 2023

- ↪ Así también se realizó el ensayo del peso unitario del hormigón fresco según la norma ASTM C 138.



Figura N° 3-15: Ejecución del ensayo de peso unitario del hormigón fresco según la norma ASTM C 138
Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Se realizó el vaciado del hormigón en moldes cilíndricos y se realizó la compactación en la mesa vibradora por un tiempo de 7 segundos, este procedimiento se realizó dos veces porque se vació el hormigón fresco en el molde en dos capas.



Figura N° 3-16: Llenado de las probetas con el hormigón fresco
Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Se trasladaron las probetas al cuarto de curado (temperatura ambiente entre 20 a 25 °C) y se procedieron a realizar los nivelados de las probetas.



Figura N° 3-17: Cuarto de curado donde se observa las probetas confeccionas y niveladas

Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Después de 24 horas, se desmoldaron las probetas y se procedieron a marcarlas con un código, identificándolas de la siguiente manera: cantidad de cemento, contenido del porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD), fecha de vaciado y fecha de rotura para las edades de 7 y 28 días, y se les asignaron un número. Este procedimiento se realizó para todas las probetas de todos los vaciados.



Figura N° 3-18: Codificación de las probetas

Fuente: Elaboración propia, 2023

- Se introdujeron las probetas a una piscina de curado a una temperatura a 20 °C y se curaron hasta la edad correspondiente para realizar los ensayos de resistencia a compresión.



Figura N° 3-19: Curado de las probetas en piscina

Fuente: Elaboración propia, 2023

- El ensayo de resistencia a compresión se realizó según la norma ASTM C 39, se verificó que las probetas tengan la edad correspondiente para su ensayo y se utilizó la prensa hidráulica del Área de Hormigones del IEM.



Figura N° 3-20: Ensayo a compresión en probetas cilíndricas

Fuente: Elaboración propia, 2023

- Adicionalmente de manera informativa para el proyecto de grado se realizaron 4 vaciados empleando la relaciones volumétricas para el hormigón con la cantidad de cemento de 350

kg/m³_H con 20% agregado grueso reciclado (RCD) y en el anexo 6.7. se encuentran las planillas de dosificación y resistencia. Para realizar estos vaciados se partió de la dosificación obtenida en peso y se la convirtió a volumen, y para realizar la medición de los materiales se utilizó un balde con un volumen de 4.48 litros. Después se siguió el mismo procedimiento expuesto anteriormente.



Figura N° 3-21: Determinación del esponjamiento de la arena y llenado de los agregados en el recipiente (balde)

Fuente: Elaboración propia, 2023

↪ Adicionalmente de manera informativa para el proyecto de grado se realizó el ensayo del módulo de elasticidad según la norma ASTM C 469.



Figura N° 3-22: Preparación de la probeta para el ensayo de módulo de elasticidad

Fuente: Elaboración propia, 2023



Figura N° 3-23: Ejecución del ensayo de módulo de elasticidad según la norma ASTM C 469
Fuente: Elaboración propia, 2023

↪ Adicionalmente de manera informativa para el proyecto de grado se realizó el ensayo de absorción y volumen de vacíos del hormigón endurecido según la norma ASTM C 642 y se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Se verifico que cada probeta esté libre de grietas o fisuras visibles o de bordes rotos y se procedió a cortar las probetas para obtener muestras con una altura de 5 cm aproximadamente.



Figura N° 3-24: Muestras de cada hormigón para realizar el ensayo ASTM C 642
Fuente: Elaboración propia, 2023

- b) Se colocaron las muestras en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C por 24 horas y se determinaron sus pesos, después las muestras se secaron en aire seco a una temperatura de 20 a 25 °C por un tiempo de 24 horas y se determinaron sus pesos.



Figura N° 3-25: Secado de las muestras de cada hormigón
Fuente: Elaboración propia, 2023

- c) Se sumergieron las muestras en agua a una temperatura de 21 °C por un tiempo de 72 horas y se determinaron sus pesos en condición saturada con superficie seca. Después se sumergieron las muestras en una olla con agua hervida y se las dejó hervir por 5 horas, y se dejaron enfriar al aire por pérdida de calor natural por un tiempo de 24 horas a una temperatura de 20 a 25 °C y luego se determinaron sus pesos.



Figura N° 3-26: Inmersión y ebullición en agua de las muestras de cada hormigón
Fuente: Elaboración propia, 2023

- d) Se determinó la masa sumergida aparente de las muestras, se sumergieron en un recipiente lleno de agua y se las ubicaron en un canastillo, y se determinaron sus pesos.



Figura N° 3-27: Determinación de la masa sumergida aparente de las muestras de cada hormigón
Fuente: Elaboración propia, 2023



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPÍTULO IV - ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LOS AGREGADOS

En este capítulo se tienen las siguientes denominaciones para los agregados:

- ↳ Agregado grueso natural = agregado grueso
- ↳ Agregado fino natural = agregado fino
- ↳ Agregado grueso reciclado (RCD) = agregado RCD

4.1.1. GRANULOMETRÍA

4.1.1.1. AGREGADO GRUESO Y FINO

4.1.1.1.1. MUESTRA 1

AGREGADO GRUESO - MUESTRA 1	
Procedencia: -	Chinchaya
Módulo Granulométrico: [MG]	6.4
Tamaño Máximo: [TM]	3/4"
Tamaño Máximo Nominal: [TMN]	3/4"
Porcentaje Gruesos: [%]	90.3 %
Porcentaje Finos: [%]	9.7 %
AGREGADO FINO - MUESTRA 1	
Procedencia: -	Mallasilla
Módulo de finura de la Arena: [Mf _{arena}]	2.8 [g]

Tabla N° 4-1: Resultados de la curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 1
Fuente: Elaboración propia, 2023

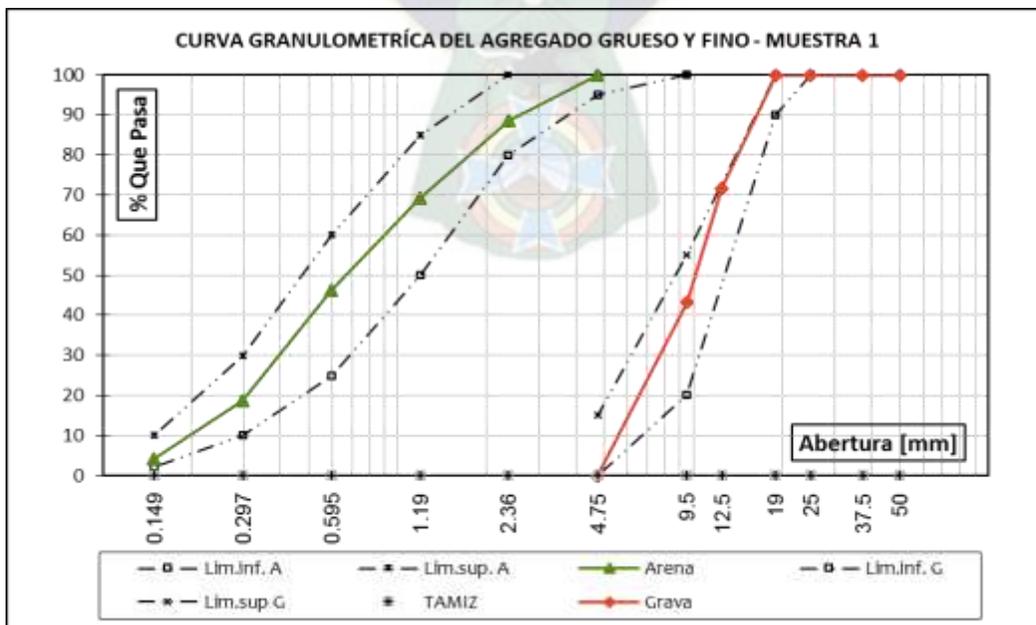


Figura N° 4-1: Curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 1
Fuente: Elaboración propia, 2023

4.1.1.1.2. MUESTRA 2

AGREGADO GRUESO - MUESTRA 2	
Procedencia: -	Chinchaya
Módulo Granulométrico: [MG]	6.4
Tamaño Máximo: [TM]	3/4"
Tamaño Máximo Nominal: [TMN]	3/4"
Porcentaje Gruesos: [%]	90.1 %
Porcentaje Finos: [%]	9.9 %
AGREGADO FINO - MUESTRA 2	
Procedencia: -	Mallasilla
Módulo de finura de la Arena: [Mf _{arena}]	2.8 [g]

Tabla N° 4-2: Resultados de la curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 2
Fuente: Elaboración propia, 2023

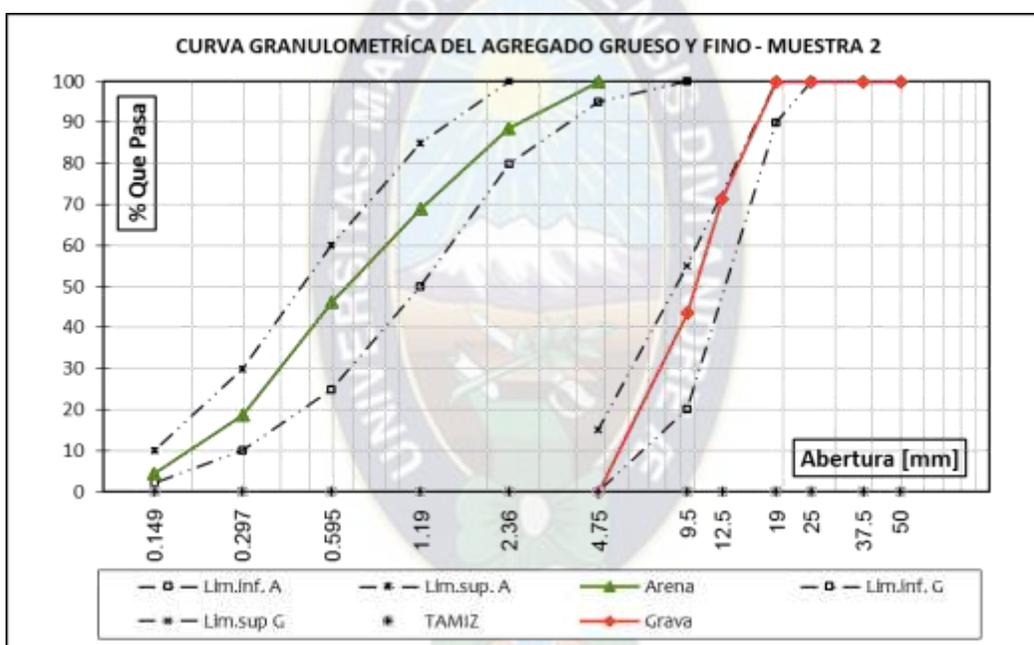


Figura N° 4-2: Curva granulométrica del agregado grueso y fino – muestra 2
Fuente: Elaboración propia, 2023

4.1.1.2. AGREGADO RCD

4.1.1.2.1. MUESTRA 1

AGREGADO RCD - MUESTRA 1	
Procedencia: -	EmaVerde
Módulo Granulométrico: [MG]	6.2
Tamaño Máximo: [TM]	3/4"
Tamaño Máximo Nominal: [TMN]	1/2"
Porcentaje Gruesos: [%]	93.6 %
Porcentaje Finos: [%]	6.4 %

Tabla N° 4-3: Resultados de la curva granulométrica del agregado RCD – muestra 1
Fuente: Elaboración propia, 2023

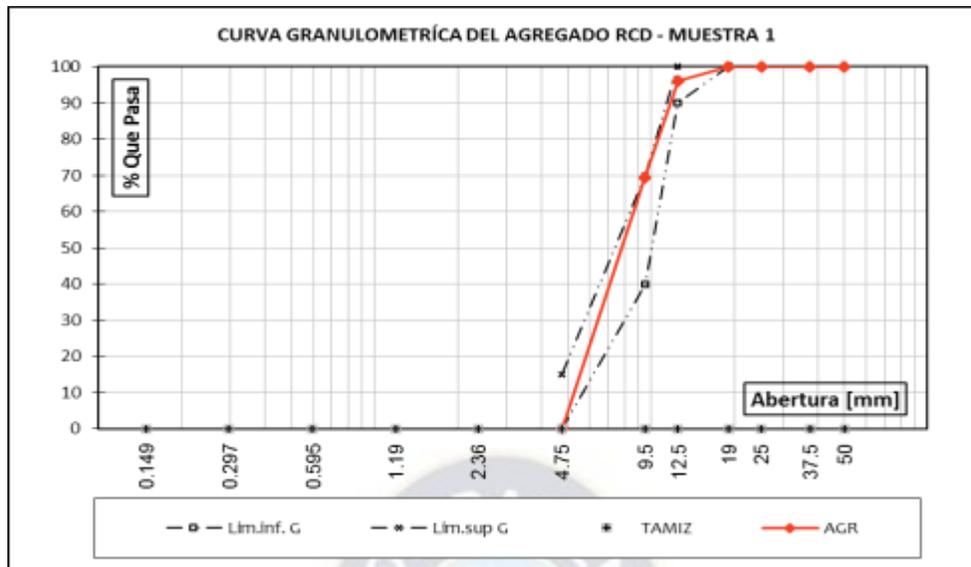


Figura N° 4-3: Curva granulométrica del agregado RCD – muestra 1

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.1.1.2.2. MUESTRA 2

AGREGADO RCD - MUESTRA 2	
Procedencia: -	EmaVerde
Módulo Granulométrico: [MG]	6.2
Tamaño Máximo: [TM]	3/4"
Tamaño Máximo Nominal: [TMN]	1/2"
Porcentaje Gruesos: [%]	93.3 %
Porcentaje Finos: [%]	6.7 %

Tabla N° 4-4: Resultados de la curva granulométrica del agregado RCD – muestra 2

Fuente: Elaboración propia, 2023



Figura N° 4-4: Curva granulométrica del agregado RCD – muestra 2

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.1.2. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Peso Unitario Suelto (PUs) [kg/m ³]				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Agregado Grueso	1502	1497	1498	1499
Agregado RCD	1226	1232	1234	1231
Agregado Fino	1654	1649	1662	1655

Tabla N° 4-5: Peso unitario suelto de los agregados

Fuente: Elaboración propia, 2023

Peso Unitario Compactado (PUc) [kg/m ³]				
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Agregado Grueso	1642	1637	1638	1639
Agregado RCD	1298	1299	1301	1299
Agregado Fino	1766	1765	1761	1764

Tabla N° 4-6: Peso unitario compactado de los agregados

Fuente: Elaboración propia, 2023

De las tablas N° 4-5 y 4-6, se observan que el peso unitario suelto y compactado del agregado RCD son menores respecto del agregado grueso en 17.88% y 20.74% respectivamente.

4.1.3. PESO ESPECÍFICO

Peso Específico (G _s)			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Agregado Grueso	2.59	2.60	2.60
Agregado RCD	2.11	2.10	2.11
Agregado Fino	2.57	2.56	2.57

Tabla N° 4-7: Peso específico de los agregados

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-7, se observa que el peso específico del agregado RCD es menor respecto del agregado grueso en 18.85%.

4.1.4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción [%]			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Agregado Grueso	1.96	1.94	1.95
Agregado RCD	10.03	10.34	10.19
Agregado Fino	1.47	1.46	1.47

Tabla N° 4-8: Porcentaje de absorción de los agregados

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-8, se observa que el porcentaje de absorción del agregado RCD es mayor respecto del agregado grueso en 422.6%.

4.1.5. PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos [%]		
Descripción	Suelto	Compactado
Agregado Grueso	42.22	36.82
Agregado RCD	41.53	38.30
Agregado Fino	35.46	31.21

Tabla N° 4-9: Porcentaje de vacíos de los agregados
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-9, se observa que el porcentaje de vacíos sueltos del agregado RCD es menor respecto del agregado grueso en 1.63% y viceversa en el porcentaje de vacíos compactados aumentando en 4.02% con respecto al agregado grueso.

4.1.6. TAMIZ N° 200

Tamiz N°200 [%]			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Agregado Grueso	0.77	0.86	0.82
Agregado RCD	2.07	2.03	2.05
Agregado Fino	3.20	3.57	3.39

Tabla N° 4-10: Tamiz N° 200 de los agregados
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-10, se observa que el agregado grueso cumple con el límite < 1% que indica la norma ASTM C 117 para agregados gruesos, pero el agregado RCD no cumple con el límite especificado. El agregado fino también no cumple con el límite < 3% que indica la norma ASTM C 117 para agregados finos.

4.1.7. DESGASTE DE LOS ÁNGELES

Desgaste del Agregado Grueso con la Máquina de los Ángeles [%]			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Agregado Grueso	17.65	19.35	18.50
Agregado RCD	30.15	29.72	29.94

Tabla N° 4-11: Desgaste de los ángeles de los agregados gruesos
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-11, se observa que el agregado grueso y el agregado RCD cumplen con el límite < 50% que indica la norma ASTM C 131.

4.1.8. PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS

Partículas Planas y Alargadas [%]			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Agregado Grueso	24.17	22.77	23.47
Agregado RCD	13.07	14.99	14.03

Tabla N° 4-12: Partículas planas y alargadas de los agregados gruesos
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-12, se observa que el agregado grueso no cumplió con el límite máximo de 15%.

4.1.9. COMPOSICIÓN CIRCUNSTANCIAL Y REFERENCIAL DEL AGREGADO RCD

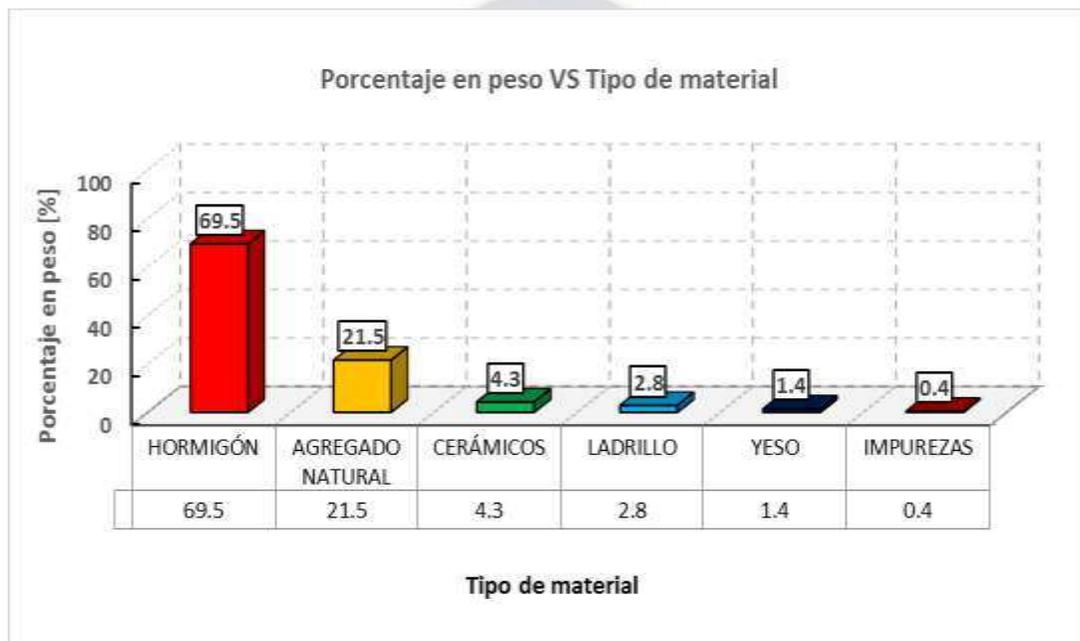


Figura N° 4-5: Composición circunstancial y referencial del agregado RCD
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-5, se puede ver que se identificaron seis materiales distintos en la composición del agregado RCD. Teniendo un porcentaje de 91.1% entre los materiales de hormigón y agregado natural, y un porcentaje de 8.9% entre los materiales de cerámica, ladrillo, yeso e impurezas (basura).

4.2. RESULTADOS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

4.2.1. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN

4.2.1.1. CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 kg/m³H*

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de las resistencias a compresión para 7 y 28 días.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CADA PROBETA PARA 7 DÍAS EN [MPa]					
Cantidad de Cemento		Porcentaje de agregado RCD [%]			
300 [kg/m ³ _{H^o}]		0	20	35	50
Réplica	1	21.4	20.4	18.2	17.1
		21.1	20.5	18.6	17.9
		20.7	19.7	18.5	18.6
	2	19.8	19.5	18.8	17.0
		20.5	20.4	19.3	17.1
		21.1	19.5	17.9	17.1
	3	20.1	18.2	18.7	17.3
		19.2	19.5	18.3	17.9
		20.1	19.2	17.8	18.2

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CADA PROBETA PARA 28 DÍAS EN [MPa]					
Cantidad de Cemento		Porcentaje de agregado RCD [%]			
300 [kg/m ³ _{H^o}]		0	20	35	50
Réplica	1	27.0	24.6	23.6	22.7
		26.7	24.3	23.7	22.5
		26.8	24.8	24.7	22.9
	2	24.1	24.7	21.7	22.8
		26.9	23.6	24.8	23.8
		26.6	24.1	22.6	21.8
	3	25.0	23.6	23.9	22.6
		24.4	24.2	24.0	21.6
		24.6	24.2	22.7	20.7

Tabla N° 4-13: Resistencia a compresión de cada probeta de la cantidad de cemento de 300 kg/m³_{H^o} para 7 y 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.2.1.2. CANTIDAD DE CEMENTO DE 350 kg/m³_{H^o}

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de las resistencias a compresión para 7 y 28 días.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CADA PROBETA PARA 7 DÍAS EN [MPa]					
Cantidad de Cemento		Porcentaje de agregado RCD [%]			
350 [kg/m ³ _{H^o}]		0	20	35	50
Réplica	1	25.8	24.0	23.2	22.4
		24.7	24.3	22.9	22.4
		26.2	23.7	24.1	22.5
	2	26.8	24.0	23.6	22.4
		26.8	24.5	23.4	23.2
		26.6	24.4	23.8	22.1
	3	24.7	25.1	22.8	22.8
		24.0	23.4	23.6	21.9
		25.1	24.3	22.9	21.1

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CADA PROBETA PARA 28 DÍAS EN [MPa]					
Cantidad de Cemento		Porcentaje de agregado RCD [%]			
350 [kg/m ³ _H]		0	20	35	50
Réplica	1	32.5	31.2	30.3	28.3
		33.4	30.9	28.8	27.1
		33.5	29.6	31.2	27.9
	2	33.4	29.0	28.4	28.2
		34.1	30.4	28.7	27.6
		34.2	28.7	28.9	29.3
	3	31.6	30.7	28.3	26.8
		32.2	32.1	27.4	28.1
		32.3	30.6	28.1	28.1

Tabla N° 4-14: Resistencia a compresión de cada probeta de la cantidad de cemento de 350 kg/m³_H para 7 y 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron los análisis de varianza ANOVA y la prueba de Duncan de las resistencias a compresión obtenidas en las probetas cilíndricas de los hormigones tradicionales y hormigones con agregado RCD considerando que se tomaron 2 factores que fueron:

- ▲ Factor R: porcentaje de agregado RCD con 4 niveles de 0, 20, 35 y 50%
- ▲ Factor C: Cantidad de cemento con dos niveles de 300 y 350 kg/m³_H

4.3.1. ANOVA Y DUNCAN EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 7 DÍAS

4.3.1.1. ANOVA

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA 7 DÍAS EN [MPa]					
Cantidad de Cemento	Réplica	Porcentaje de agregado RCD [%]			
		0	20	35	50
300 [kg/m ³ _H]	1	21.1	20.2	18.4	17.9
	2	20.5	19.8	18.7	17.1
	3	19.8	19.0	18.3	17.8
350 [kg/m ³ _H]	1	25.6	24.0	23.4	22.4
	2	26.7	24.3	23.6	22.6
	3	24.6	24.3	23.1	21.9

Tabla N° 4-15: Resistencia a compresión de cada réplica para 7 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

- ↪ Número de cantidades de cemento i = 2
- ↪ Número de % de agregado RCD j = 4

- ↪ Número de probetas ensayadas $k = 3$
- ↪ Nivel de confianza $NC = 95\%$
- ↪ Número de repeticiones $n = 3$
- ↪ Hipótesis de la repetición:
 - ⤴ H_0 : No existen diferencias en la media poblacional debido a la repetición.
 - ⤴ H_1 : Existen diferencias en la media poblacional debido a la repetición.
- ↪ Hipótesis del factor C (Cantidad de cemento):
 - ⤴ H_0 : No existen diferencias en la media poblacional debido al factor C.
 - ⤴ H_1 : Existen diferencias en la media poblacional debido al factor C.
- ↪ Hipótesis del factor R (% Agregado RCD):
 - ⤴ H_0 : No existen diferencias en la media poblacional debido al factor R.
 - ⤴ H_1 : Existen diferencias en la media poblacional debido al factor R.
- ↪ Hipótesis de la interacción de los factores C y R:
 - ⤴ H_0 : No existe interacción entre el factor C y el factor R.
 - ⤴ H_1 : Existe interacción entre el factor C y el factor R.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Fisher (F_t) $\alpha = 0.05$
Repetición	2	1.58	0.79	3.59	3.74
C (Cantidad de Cemento)	1	139.68	139.68	634.91	4.60
R (% de agregado RCD)	3	31.96	10.65	48.41	3.34
Interacción CR	3	0.34	0.11	0.50	3.34
Error	14	3.14	0.22		
Total	23	176.70			

Tabla N° 4-16: Análisis Anova del ensayo a compresión para 7 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-16, se tienen las siguientes conclusiones:

- ↪ Repetición: El valor de la razón F es menor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y no influye en la resistencia a compresión del hormigón.
- ↪ Factor C: El valor de la razón F es mayor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) e influye en la resistencia a compresión del hormigón.

- ➔ Factor R: El valor de la razón F calculada es mayor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) e influye en la resistencia a compresión del hormigón.
- ➔ Interacción de los Factores C y R: El valor de la razón F calculada es menor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y no influye en la resistencia a compresión del hormigón.

4.3.1.2. DUNCAN

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO PARA 7 DÍAS (MPa)				
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]			
	0	20	35	50
300 [kg/m ³ _{H₂O}]	20.5	19.7	18.5	17.6
350 [kg/m ³ _{H₂O}]	25.6	24.2	23.4	22.3

Tabla N° 4-17: Resistencia a compresión promedio para 7 días
Fuente: Elaboración propia, 2023

En la tabla N° 4-18, se ordenaron las medias de las resistencias en forma decreciente y se determinan si las diferencias entre los valores obtenidos son o no significativas (NOTA: los números en color rojo tienen una influencia significativa).

C.Cem-%RCD		350-20%	350-35%	350-50%	300-0%	300-20%	300-35%	300-50%
	Resist. [MPa]	24.2	23.4	22.3	20.5	19.7	18.5	17.9
350-0%	25.6	1.4	2.2	3.3	5.1	5.9	7.1	8.0
350-20%	24.2		0.8	1.9	3.7	4.5	5.7	6.6
350-35%	23.4			1.1	2.9	3.7	4.9	5.8
350-50%	22.3				1.8	2.6	3.8	4.7
300-0%	20.5					0.8	2.0	2.9
300-20%	19.7						1.2	2.1
300-35%	18.5							0.9

Tabla N° 4-18: Determinación de la influencia en el análisis Duncan del ensayo de resistencia a compresión para 7 días
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-18, se tienen las siguientes conclusiones:

- ➔ La cantidad de cemento y el porcentaje de agregado RCD son factores determinantes en la resistencia a compresión del hormigón.
- ➔ La resistencia a compresión para el hormigón con la cantidad de cemento de 350 kg/m³_{H₂O} con 20% de agregado RCD es estadísticamente igual al valor de la resistencia del hormigón con la cantidad de cemento de 350 kg/m³_{H₂O} con 35% de agregado RCD, por lo tanto son similares.

- ➔ La resistencia a compresión para el hormigón con la cantidad de cemento de $300 \text{ kg/m}^3_{H^*}$ con 0% de agregado RCD (hormigón tradicional) es estadísticamente igual al valor de la resistencia del hormigón con la cantidad de cemento de $300 \text{ kg/m}^3_{H^*}$ con 20% de agregado RCD, por lo tanto son similares.

4.3.2. ANOVA Y DUNCAN EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 28 DÍAS

4.3.2.1. ANOVA

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA 28 DÍAS EN [MPa]					
Cantidad de Cemento	Réplica	Porcentaje de agregado RCD [%]			
		0	20	35	50
300 [$\text{kg/m}^3_{H^*}$]	1	26.8	24.6	24.0	22.7
	2	25.9	24.1	23.0	22.8
	3	24.7	24.0	23.5	21.6
350 [$\text{kg/m}^3_{H^*}$]	1	33.1	30.6	30.1	27.8
	2	33.9	29.4	28.7	28.4
	3	32.0	31.1	27.9	27.7

Tabla N° 4-19: Resistencia a compresión de cada réplica para 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Número de cantidades de cemento $i = 2$
- ➔ Número de % de agregado RCD $j = 4$
- ➔ Número de probetas ensayadas $k = 3$
- ➔ Nivel de confianza $NC = 95\%$
- ➔ Número de repeticiones $n = 3$
- ➔ Hipótesis de la repetición:
 - ⤴ H_0 : No existen diferencias en la media poblacional debido a la repetición.
 - ⤴ H_1 : Existen diferencias en la media poblacional debido a la repetición.
- ➔ Hipótesis del factor C (Cantidad de cemento):
 - ⤴ H_0 : No existen diferencias en la media poblacional debido al factor C.
 - ⤴ H_1 : Existen diferencias en la media poblacional debido al factor C.
- ➔ Hipótesis del factor R (% Agregado RCD):
 - ⤴ H_0 : No existen diferencias en la media poblacional debido al factor R.

- ↗ H1: Existen diferencias en la media poblacional debido al factor R.
- ↗ Hipótesis de la interacción de los factores C y R:
 - ↗ H0: No existe interacción entre el factor C y el factor R.
 - ↗ H1: Existe interacción entre el factor C y el factor R.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Fisher (F_t) $\alpha = 0.05$
Repetición	2	3.24	1.62	3.38	3.74
C (Cantidad de Cemento)	1	222.04	222.04	462.58	4.60
R (% de agregado RCD)	3	59.10	19.70	41.04	3.34
Interacción CR	3	2.93	0.98	2.04	3.34
Error	14	6.68	0.48		
Total	23	293.99			

Tabla N° 4-20: Análisis Anova del ensayo a compresión para 28 días
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-20, se tienen las siguientes conclusiones:

- ↗ Repetición: El valor de la razón F es menor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y no influye en la resistencia a compresión del hormigón.
- ↗ Factor C: El valor de la razón F es mayor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) e influye en la resistencia a compresión del hormigón.
- ↗ Factor R: El valor de la razón F calculada es mayor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) e influye en la resistencia a compresión del hormigón.
- ↗ Interacción de los Factores C y R: El valor de la razón F calculada es menor al valor F de la tabla de Fisher (F_t) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y no influye en la resistencia a compresión del hormigón.

4.3.2.2. DUNCAN

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO PARA 28 DÍAS (MPa)				
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]			
	0	20	35	50
300 [$\text{kg/m}^3_{H^*}$]	25.8	24.2	23.5	22.4
350 [$\text{kg/m}^3_{H^*}$]	33.0	30.4	28.9	28.0

Tabla N° 4-21: Resistencia a compresión promedio total para 28 días
Fuente: Elaboración propia, 2023

En la tabla N° 4-22, se ordenaron las medias de las resistencias en forma decreciente y se determinan si las diferencias entre los valores obtenidos son o no significativas (NOTA: los números en *color rojo* tienen una influencia significativa).

C.Cem-%RCD		350-20%	350-35%	350-50%	300-0%	300-20%	300-35%	300-50%
	Resist. [MPa]	30.4	28.9	28.0	25.8	24.2	23.5	22.4
350-0%	33.0	2.6	4.1	5.0	7.2	8.8	9.5	10.6
350-20%	30.4		1.5	2.4	4.6	6.2	6.9	8.0
350-35%	28.9			0.9	3.1	4.7	5.4	6.5
350-50%	28.0				2.2	3.8	4.5	5.6
300-0%	25.8					1.6	2.3	3.4
300-20%	24.2						0.7	1.8
300-35%	23.5							1.1

Tabla N° 4-22: Determinación de la influencia en el análisis Duncan del ensayo de resistencia a compresión para 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-22, se tienen las siguientes conclusiones:

- ➔ La cantidad de cemento y el porcentaje de agregado RCD son factores determinantes en la resistencia a compresión del hormigón.
- ➔ La resistencia a compresión para el hormigón con la cantidad de cemento de 350 kg/m³_H con 35% de agregado RCD es estadísticamente igual al valor de la resistencia del hormigón con la cantidad de cemento de 350 kg/m³_H con 50% de agregado RCD, por lo tanto son similares.
- ➔ La resistencia a compresión para el hormigón con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_H con 20% de agregado RCD es estadísticamente igual al valor de la resistencia del hormigón con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_H con 35% de agregado RCD, por lo tanto son similares.
- ➔ La resistencia a compresión para el hormigón con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_H con 35% de agregado RCD es estadísticamente igual al valor de la resistencia del hormigón con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_H con 50% de agregado RCD, por lo tanto son similares.

4.4. ANÁLISIS COMPARATIVOS

4.4.1. RELACIÓN ENTRE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y EDAD DEL HORMIGÓN

A continuación se muestran las comparaciones de los datos de resistencia a compresión y edad de los hormigones tradicionales y los hormigones con diferentes porcentajes de agregado RCD.

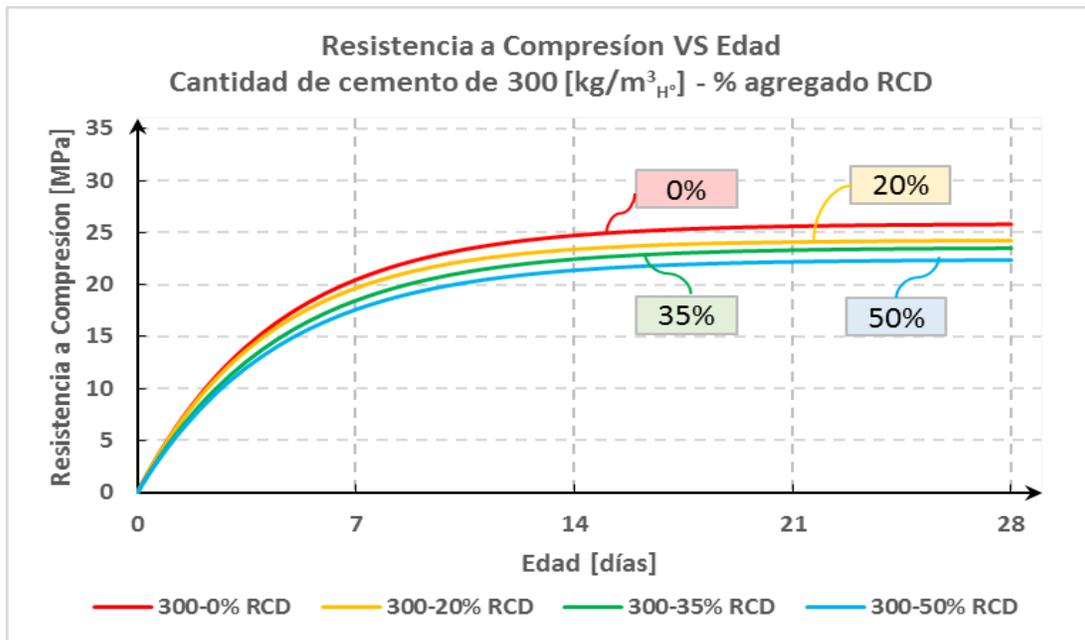


Figura N° 4-6: Resistencia a compresión vs edad para 300 kg/m³_{H_o} y los porcentajes de agregado RCD
Fuente: Elaboración propia, 2023

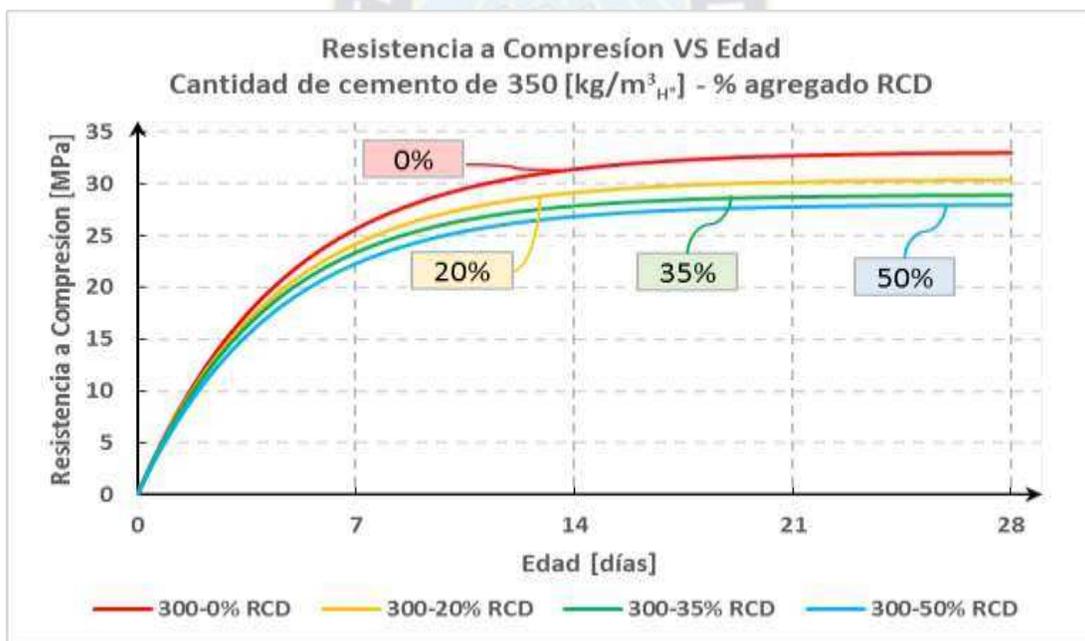


Figura N° 4-7: Resistencia a compresión vs edad para 350 kg/m³_{H_o} y los porcentajes de agregado RCD
Fuente: Elaboración propia, 2023

De las figuras N° 4-6 y 4-7, se observan que para una misma cantidad de cemento las resistencias a compresión más elevadas se obtienen con los hormigones tradicionales y existe una disminución de resistencia en el hormigón a medida que se aumenta el porcentaje de agregado RCD. En la tabla N° 4-23, se tienen las pérdidas de resistencia a compresión de los hormigones con agregado RCD.

PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA 28 DÍAS [%]			
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]		
	20	35	50
300 [kg/m ³ _{H^o}]	6.2	8.9	13.2
350 [kg/m ³ _{H^o}]	7.9	12.4	15.2

Tabla N° 4-23: Porcentaje de pérdida de resistencia a compresión de los hormigones con agregado RCD respecto de los hormigones tradicionales

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.4.2. RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y CANTIDAD DE CEMENTO

En la siguiente figura se muestra la comparación de resistencia a compresión y cantidad de cemento a los 28 días según el porcentaje de agregado RCD.

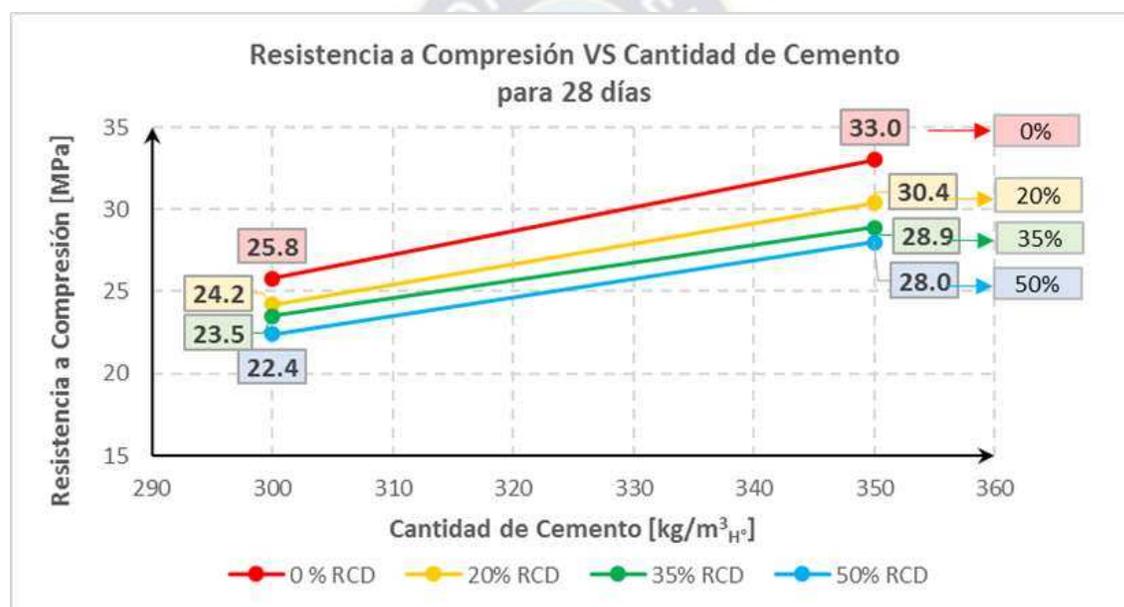


Figura N° 4-8: Resistencia a compresión vs cantidad de cemento para 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-8, se observan tanto en los hormigones tradicionales y los hormigones con agregado RCD, mientras se incrementa la cantidad de cemento aumenta la resistencia a compresión, por lo que existe una influencia significativa de la cantidad de cemento. El incremento de resistencia a compresión promedio es de 25.4%.

4.4.3. RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN

Según la norma CBH 87, la resistencia característica estimada ($f_{c,e}$) se determina aplicando las siguientes expresiones:

Si el número de ensayos (N) < 6, entonces:

$$f'_{c,e} = K_N * x_1$$

Si el número de ensayos (N) > 6, entonces:

$$f'_{c,e} = 2 * \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m - 1} - x_m \geq K_N * x_1$$

Siendo:

- ✓ $f'_{c,e}$: resistencia característica estimada
- ✓ x_1 : resistencia del ensayo menos resistente
- ✓ m: N/2 si "N" es par o (N - 1)/2 si "N" es impar
- ✓ K_N : coeficiente dado en la tabla 4-24, en función de "N" y del tipo de instalaciones en que se fabrique el hormigón

VALORES DE K_N					
Uniformidad del hormigón	Excelente	Buena	Regular	Mala	
Desviación Standard de la resistencia del hormigón (s_s)	0.1	0.15	0.2	0.25	
Número de amasadas (N)	1	0.836	0.753	0.671	0.589
	2	0.884	0.820	0.753	0.682
	3	0.910	0.859	0.803	0.741
	4	0.928	0.886	0.838	0.784
	5	0.942	0.907	0.867	0.820
	6	0.953	0.924	0.890	0.850
	7	0.962	0.938	0.910	0.877
	8	0.970	0.951	0.928	0.900
	10	0.983	0.972	0.958	0.942
	12	0.993	0.989	0.984	0.976
	14	1.002	1.004	1.005	1.008
	16	1.009	1.016	1.024	1.035
	18	1.016	1.027	1.041	1.059

Tabla N° 4-24: Valores del coeficiente K_N

Fuente: Código Boliviano del hormigón CBH - 87, IBNORCA, 1987

En la investigación se realizaron 3 amasadas y el tipo de instalación donde se elaboraron los hormigones (IEM) fueron excelentes, entonces se tuvo un valor de K_N igual a 0.910. Las resistencias características obtenidas se redondearon a cero decimales y al inmediato inferior.

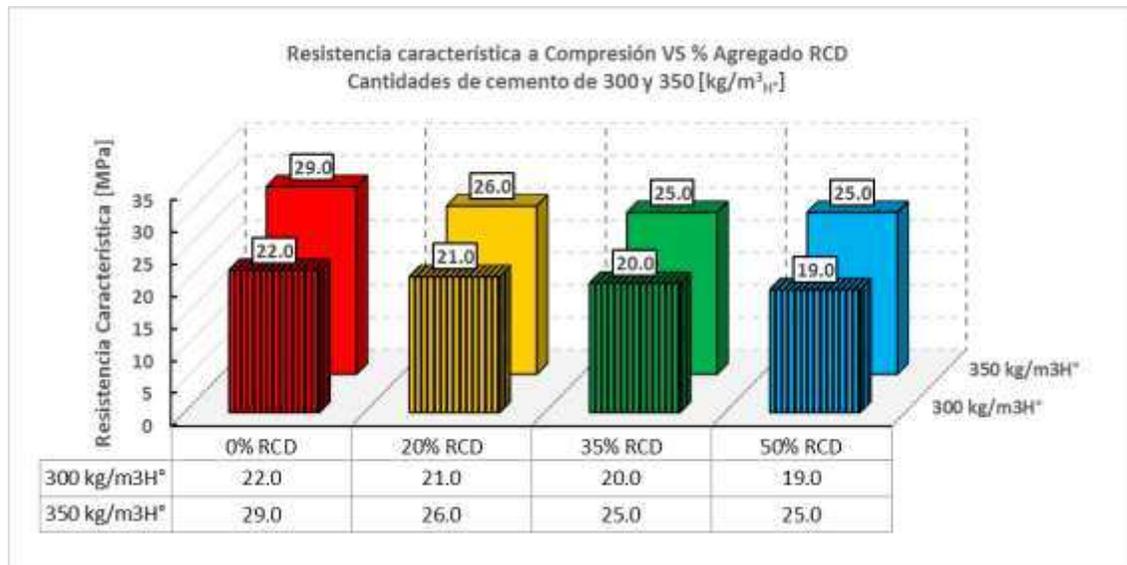


Figura N° 4-9: Resistencia característica de los hormigones para 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-9, se tienen los porcentajes de las pérdidas de las resistencias características de los hormigones con RCD respecto de los hormigones tradicionales a 28 días.

PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS [%]			
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]		
	20	35	50
300 [kg/m ³ _H]	4.5	9.1	13.6
350 [kg/m ³ _H]	10.3	13.8	13.8

Tabla N° 4-25: Porcentaje de pérdida de resistencia característica de los hormigones con agregado RCD

Fuente: Elaboración propia, 2023

Generalmente para estructuras de hormigón simple o armado se realiza el diseño para una resistencia característica de 21 MPa (H21), y en la tabla N° 4-26, se verifica cuales hormigones cumplieron con esta condición.

% Agregado RCD	Cantidad de cemento			
	300 kg/m ³ _H		350 kg/m ³ _H	
	f'c,e ≥ fck = 21 MPa		f'c,e ≥ fck = 21 MPa	
	MPa	Observación	MPa	Observación
0	22	Cumple	29	Cumple
20	21	Cumple	26	Cumple
35	20*	No Cumple	25	Cumple
50	19**	No Cumple	25	Cumple

Tabla N° 4-26: Cumplimiento de las resistencias características de los hormigones para 21 MPa

Fuente: Elaboración propia, 2023

* **Nota N° 1:** Los hormigones con la cantidad de cemento de $300 \text{ kg/m}^3_{\text{H}}$ con 20 y 35% de agregado RCD son estadísticamente iguales (tabla N°4-22) por lo tanto el hormigón de $300 \text{ kg/m}^3_{\text{H}}$ con 35% de agregado RCD adopta la resistencia de 21 MPa y cumple con la condición de la tabla N° 4-26.

** **Nota N° 2:** Los hormigones con la cantidad de cemento de $300 \text{ kg/m}^3_{\text{H}}$ con 35 y 50% de agregado RCD son estadísticamente iguales (tabla N°4-22) por lo tanto el hormigón de $300 \text{ kg/m}^3_{\text{H}}$ con 50% de agregado RCD adopta la resistencia de 20 MPa pero aun así no cumple con la condición de la tabla N° 4-26.

4.4.4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Al no contar con un costo comercial del agregado RCD de parte de la empresa EmaVerde, se recurrió a información del proyecto de grado con el título de “Estudio de hormigones preparados con agregados reciclados” realizado en la Universidad Mayor de San Andrés, y el cual proporciona un precio para la agregado grueso reciclado (RCD) de Bs. 98,83 como se observa en el anexo 6.4.1.

Se realizaron los análisis de precios unitarios referenciales del metro cubico (m^3) de hormigón producido para cada tipo de hormigón simple tradicional y hormigón simple con diferentes porcentajes de agregado RCD para las dos cantidades de cemento de 300 y 350 kg/m^3_{H} sin considerar el transporte, el colocado y el acabado. En la figura N° 4-10 se muestra el resumen de precios unitarios obtenidos para los todos los tipos hormigón y en el anexo 6.4.2. se tienen todos los cálculos realizados.

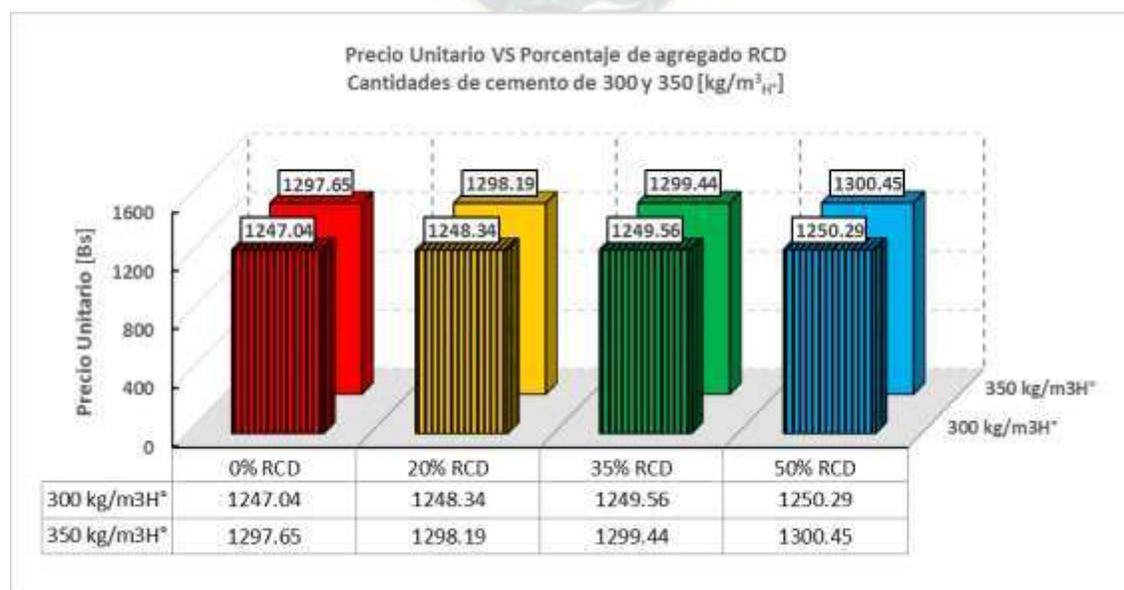


Figura N° 4-10: Resumen de precios unitarios de los hormigones

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-10, se observan que los precios unitarios más bajos para 1 m^3_{H} se obtienen con los hormigones tradicionales y que incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de agregado RCD por lo que el precio no es un incentivo para utilizar este agregado. Sin embargo, el uso de este agregado tiene beneficios ambientales lo que motiva la incorporación como material para la elaboración del hormigón. En la tabla 4-27, se tienen los porcentajes de ganancia del precio de los hormigones con agregado RCD respecto de los hormigones tradicionales.

PORCENTAJE DE GANANCIA DEL PRECIO [%]			
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]		
	20	35	50
300 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}}$]	0.10	0.20	0.26
350 [$\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}}$]	0.04	0.14	0.22

Tabla N° 4-27: Porcentaje de pérdida del precio unitario de los hormigones con agregado RCD
Fuente: Elaboración propia, 2023

4.4.5. RELACIÓN ENTRE EL COSTO/RESISTENCIA

En la siguiente tabla se consideró el análisis realizado en las notas N° 1 y 2 de la tabla N° 4-26.

RELACIÓN COSTO/RESISTENCIA						
% Agregado RCD	Cantidad de cemento					
	300 $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}}$			350 $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{H}}$		
	Precio Unitario	Resistencia Característica	Relación Costo / Resistencia	Precio Unitario	Resistencia Característica	Relación Costo / Resistencia
	Bs	MPa	Bs/MPa	Bs	MPa	Bs/MPa
0	1247.04	22.0	56.68	1297.65	29.0	44.75
20	1248.34	21.0	59.44	1298.19	26.0	49.93
35	1249.56	21.0*	59.50	1299.44	25.0	51.98
50	1250.29	20.0**	62.51	1300.45	25.0	51.02

* Resistencia característica determinada en la nota N° 1

** Resistencia característica determinada en la nota N° 2

Tabla N° 4-28: Relación costo/resistencia de los hormigones
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-28, se observa que:

- ↪ Las relaciones de costo/resistencia son prácticamente iguales para los hormigones con la cantidad de cemento de $300 \text{ kg}/\text{m}^3_{\text{H}}$ con 20 y 35% de agregado RCD habiendo una diferencia porcentual de 0.10%, por lo tanto se puede aumentar un 15% el agregado RCD para una resistencia de 21 MPa.

- La mejor relación costo/resistencia para los hormigones con la cantidad de cemento de 350 kg/m³_H, es el que contiene el 20% de agregado RCD. Pero también se observa que la relación costo/resistencia de los hormigones con 35 y 50% de agregado RCD son prácticamente iguales habiendo una diferencia porcentual de 0.08%, por lo tanto se puede aumentar un 15% este agregado para una resistencia de 25 MPa.

4.4.6. RESULTADO EN BASE A LOS ESTUDIOS REALIZADOS PARA LA APLICACIÓN ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA

En base a los resultados obtenidos en la tabla N° 4-22 (pág. 53) y 4-28 (pág.59), se determina que el hormigón con 35% de agregado RCD con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_H es el óptimo para la construcción de los elementos estructurales de una vivienda debido a que cumple con la resistencia característica a compresión de 21 MPa.

4.5. ENSAYOS ADICIONALES

En los siguientes puntos se observan algunos ensayos adicionales realizados para el proyecto de grado.

4.5.1. MÓDULO DE ELASTICIDAD

El Módulo de Elasticidad del hormigón endurecido es un parámetro utilizado para calcular las deformaciones que una estructura de hormigón pueda presentar en función a las cargas que actúan en la misma, y que si son sobrepasadas a las admisibles producirán agrietamientos o fisuras en los elementos de tabiquería, revestimientos, u otros elementos de material diferente al hormigón que no acompañen su deformación. Por lo tanto, es necesario conocer un valor que se aproxime a las condiciones reales de la zona en estudio para no afectar la durabilidad de la estructura. (López, Ramirez, & Oblitas, 2022)

En la figura N° 4-11, se muestran los promedios obtenidos del ensayo de módulo de elasticidad de los hormigones tradicionales y los hormigones con diferentes porcentajes de agregado RCD para las dos cantidades de cemento de 300 y 350 kg/m³_H, y en el anexo N° 6.5. se encuentran las planillas con todos los cálculos realizados.

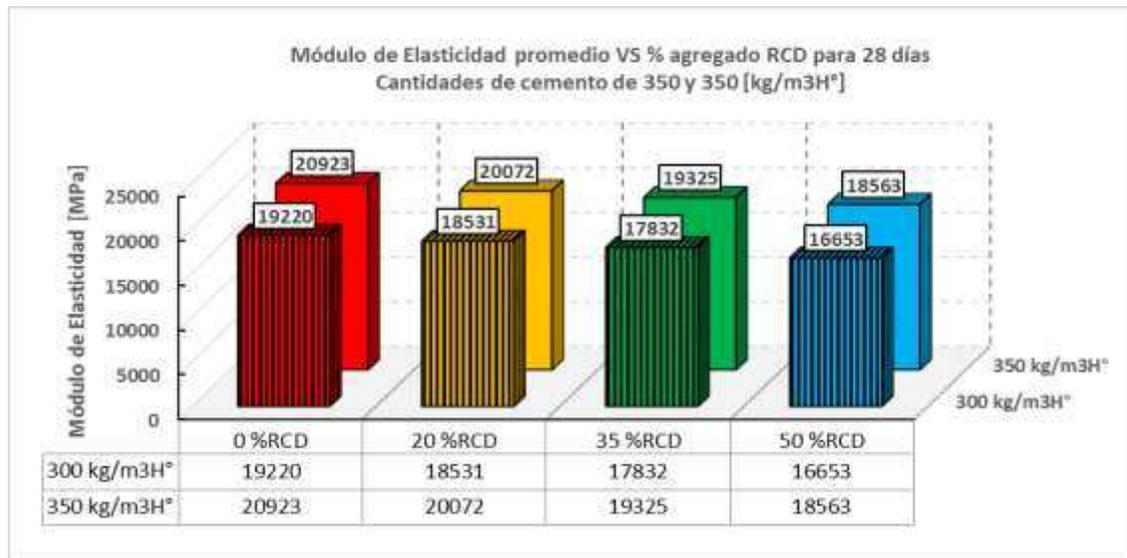


Figura N° 4-11: Módulo de elasticidad promedio de todos los hormigones elaborados para 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-11, se observan que los módulos de elasticidad más elevados se obtienen con los hormigones tradicionales y que disminuye a medida que se aumenta el porcentaje de agregado RCD. En la tabla N° 4-29, se tienen los porcentajes de pérdida de los módulos de elasticidad de los hormigones con agregado RCD respecto de los hormigones tradicionales.

PORCENTAJE DE PÉRDIDA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA 28 DÍAS [%]			
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]		
	20	35	50
300 [kg/m ³ H ^o]	3.6	7.2	13.4
350 [kg/m ³ H ^o]	4.1	7.6	11.3

Tabla N° 4-29: Porcentaje de pérdida del módulo de elasticidad de los hormigones con agregado RCD para 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.5.1.1. COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD CON LA NORMA ACI 318-19, CBH 87 Y NB 1225001

COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD									
Cantidad de Cemento	% Agregado RCD	f _c MPa	ASTM C 469 [MPa]	ACI 318-19 [MPa]	Dif. [%]	CBH 87 [MPa]	Dif. [%]	NB 1225001 [MPa]	Dif. [%]
300 [kg/m ³ H ^o]	0	22.0	19220	22045.0	-14.7	29518.7	-53.6	17964.3	6.5
	20	21.0	18531	21538.1	-16.2	29187.0	-57.5	17551.3	5.3
	35	20.0	17832	21019.0	-17.9	28847.6	-61.8	17128.3	3.9
	50	19.0	16653	20486.8	-23.0	28500.0	-71.1	16694.6	-0.2

350 [kg/m ³ H ⁺]	0	29.0	20474	25310.3	-23.6	31656.1	-54.6	20625.2	-0.7
	20	26.0	20481	23965.4	-17.0	30776.3	-50.3	19529.2	4.6
	35	25.0	19464	23500.0	-20.7	30471.6	-56.6	19150.0	1.6
	50	25.0	18221	23500.0	-29.0	30471.6	-67.2	19150.0	-5.1

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-30: Porcentaje de pérdida del módulo de elasticidad de los hormigones con agregado RCD para 28 días de las diferentes normas

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la tabla N° 4-30, se observa que:

- ↪ Los porcentajes de diferencia más elevados son con la norma CBH 87 y ACI 318-19, esto se debe a que las expresiones de estas normas son para cementos tipo I (Portland).
- ↪ Los porcentajes de diferencia son parecidos con la norma NB 1225001 habiendo poca diferencia, esto se debe nuestro país desarrollo estudios a nivel nacional con materiales propios de la región para determinar una expresión adecuada.

4.5.1.2. COMPARACIÓN CON OTROS MÓDULOS DE ELASTICIDAD

En la tabla N° 4-31, se observan los datos obtenidos de diferentes estudios consultados y en la tabla N°4-32 se observan los porcentajes de diferencias obtenidos.

MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ H ⁺]	19220	18531	—	17832	16653	—	—
		350 [kg/m ³ H ⁺]	20923	20072	—	19325	18563	—	—
Sánchez M. 2005	I	350 [kg/m ³ H ⁺]	39285	34826	—	—	31550	—	22699
		320 [kg/m ³ H ⁺]	38880	33302	—	—	30024	—	22267
		300 [kg/m ³ H ⁺]	35158	31969	—	—	27763	—	22816
Zega C. 2008	I	388 [kg/m ³ H ⁺]	35400	—	—	—	—	31400	—
		310 [kg/m ³ H ⁺]	32700	—	—	—	—	28300	—
		258 [kg/m ³ H ⁺]	30000	—	—	—	—	26300	—
Di Maio A. 2004	IF	310 [kg/m ³ H ⁺]	27800	—	27700	—	—	25500	—
Laverde J. 2017	I	—	20100	—	18300	—	17200	—	17050
		—	19200	—	17100	—	16200	—	15050
Gonzales B. 2002	I	325 [kg/m ³ H ⁺]	33611	—	—	—	30144	—	—

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-31: Módulo de elasticidad de diferentes estudios consultados

Fuente: Elaboración propia, 2023

PORCENTAJE DE DIFERENCIA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	3.6	—	7.2	13.4	—	—
		350 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	4.1	—	7.6	11.3	—	—
Sánchez M. 2005	I	350 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	11.4	—	—	19.7	—	42.2
		320 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	14.3	—	—	22.8	—	42.7
		300 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	9.1	—	—	21.0	—	35.1
Zega C. 2008	I	388 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	—	—	—	—	11.3	—
		310 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	—	—	—	—	13.5	—
		258 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	—	—	—	—	12.3	—
Di Maio A. 2004	IF	310 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	—	0.4	—	—	8.3	—
Laverde J. 2017	I	—	0.0	—	9.0	—	14.4	—	15.2
		—	0.0	—	10.9	—	15.6	—	21.6
Gonzales B. 2002	I	325 [kg/m ³ H ⁺]	0.0	—	—	—	10.3	—	—

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-32: Porcentaje de diferencia de los módulos de elasticidad de los hormigones con agregado RCD

Fuente: Elaboración propia, 2023

De las tablas N° 4-31 y 4-32, se puede observar que:

- ↪ Los módulos de elasticidad del proyecto de grado son inferiores en comparación con los estudios consultados y esto se debe a que la mayoría de estos estudios utilizan el cemento tipo I (Portland) en sus dosificaciones.
- ↪ Los módulos de elasticidad de los hormigones con agregado grueso reciclado (RCD) son inferiores con respecto a un hormigón tradicional y esto se debe a que los agregados reciclados presentan en su superficie mortero y se conoce que su módulo de elasticidad es inferior al del agregado y al hormigón, por lo tanto el módulo de elasticidad del hormigón con agregado reciclado (RCD) es afectado.

4.5.2. ABSORCIÓN Y VOLUMEN DE VACÍOS

La durabilidad de las construcciones de hormigón es una característica igualmente importante que la resistencia mecánica, ya que determina la capacidad para resistir las condiciones del medio ambiente a las cuales estará la construcción sometida durante varias décadas. La mayoría de los problemas de

durabilidad del concreto están asociados con su absorción y su porosidad (volumen de vacíos), propiedades de las que depende la capacidad para permitir el flujo de líquidos y gases. (Solis & Alcocer, 2019)

En los siguientes puntos se muestran los resultados obtenidos del ensayo de absorción y volumen de vacíos de los hormigones endurecidos tradicionales y de los hormigones con diferentes porcentajes de agregado RCD para las dos cantidades de cemento de 300 y 350 kg/m³H^o y en el anexo N° 6.6. se encuentran las planillas con todos los cálculos realizados.

4.5.2.1. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN

En la siguiente figura se muestran los promedios obtenidos de los porcentajes de absorción después de inmersión para todos los tipos de hormigón.

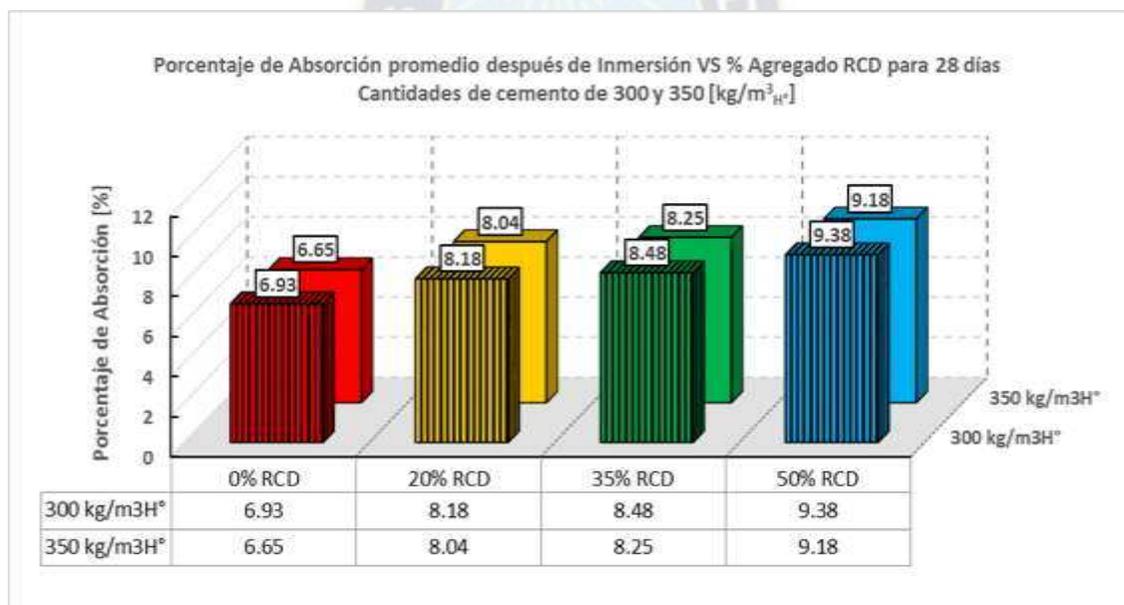


Figura N° 4-12: Porcentaje de absorción promedio después de inmersión de los hormigones para 28 días
Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-12, se observan que los valores de porcentajes más bajos de absorción después de inmersión se obtienen con los hormigones tradicionales y que incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de agregado RCD. En la tabla 4-33, se tienen los porcentajes de ganancia de absorción de los hormigones con agregado RCD respecto de los hormigones tradicionales.

PORCENTAJE DE GANANCIA DE ABSORCIÓN PARA 28 DÍAS [%]			
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]		
	20	35	50
300 [kg/m ³ _H]	18.0	22.4	35.3
350 [kg/m ³ _H]	21.0	24.2	38.1

Tabla N° 4-33: Porcentaje de ganancia de absorción después de inmersión de los hormigones con agregado RCD

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.5.2.1.1. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS CONSULTADOS

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN SEGÚN ASTM C 469									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de Cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ _H]	6.93	8.18	—	8.48	9.38	—	—
		350 [kg/m ³ _H]	6.65	8.04	—	8.25	9.18	—	—
Zega C. 2008	I	388 [kg/m ³ _H]	5.30	—	—	—	—	7.20	—
		310 [kg/m ³ _H]	5.80	—	—	—	—	7.40	—
		258 [kg/m ³ _H]	6.00	—	—	—	—	7.70	—
Gonzales B. 2002	I	325 [kg/m ³ _H]	5.29	—	—	—	6.17	—	—

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-34: Porcentaje de absorción de los estudios consultados

Fuente: Elaboración propia, 2023

PORCENTAJE DE DIFERENCIA EN LA ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de Cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ _H]	0.00	18.0	—	22.4	35.3	—	—
		350 [kg/m ³ _H]	0.00	21.0	—	24.2	38.1	—	—
Zega C. 2008	I	388 [kg/m ³ _H]	0.00	—	—	—	—	35.9	—
		310 [kg/m ³ _H]	0.00	—	—	—	—	27.6	—
		258 [kg/m ³ _H]	0.00	—	—	—	—	28.3	—
Gonzales B. 2002	I	325 [kg/m ³ _H]	0.00	—	—	—	16.6	—	—

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-35: Porcentaje de diferencia del porcentaje de absorción de los estudios consultados

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.5.2.2. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN

En la siguiente figura se muestran los promedios obtenidos de los porcentajes de absorción después de inmersión y ebullición para todos los tipos de hormigón.

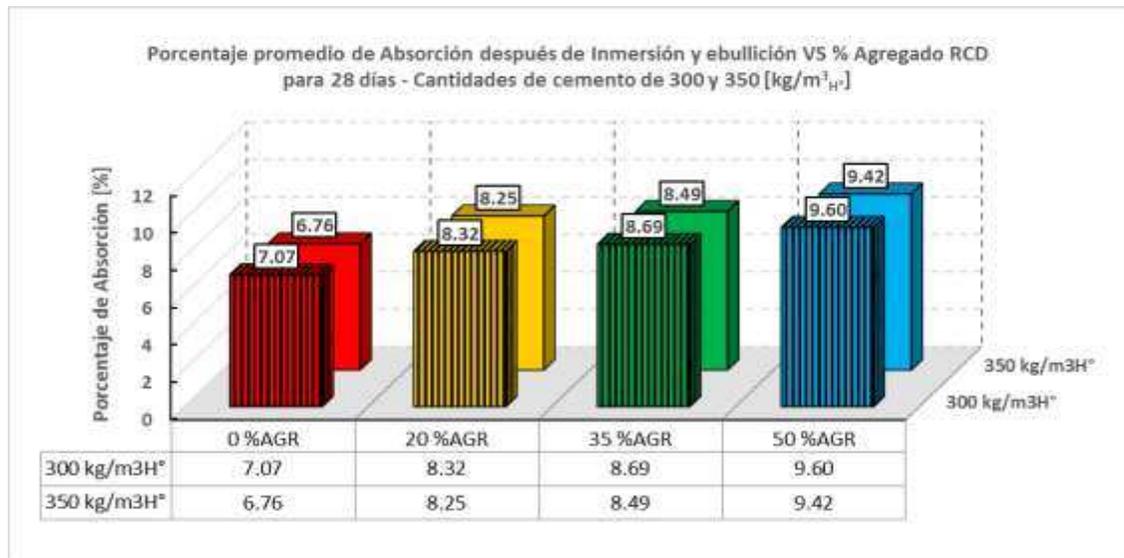


Figura N° 4-13: Porcentaje de absorción promedio después de inmersión y ebullición de los hormigones

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-13, se observan que los porcentajes más bajos de absorción después de inmersión y ebullición se obtienen con los hormigones tradicionales y que incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de agregado RCD. En la tabla 4-36, se tienen los porcentajes de ganancia de absorción de los hormigones con agregado RCD respecto de los hormigones tradicionales.

PORCENTAJE DE GANANCIA DE ABSORCIÓN PARA 28 DÍAS [%]			
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]		
	20	35	50
300 [kg/m ³ H°]	17.7	23.0	35.9
350 [kg/m ³ H°]	22.0	25.5	39.4

Tabla N° 4-36: Porcentaje de ganancia de absorción después de inmersión y ebullición de los hormigones con agregado RCD

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.5.2.2.1. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS CONSULTADOS

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN SEGÚN ASTM C 469									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de Cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ H°]	7.07	8.32	—	8.69	9.60	—	—
		350 [kg/m ³ H°]	6.76	8.25	—	8.49	9.42	—	—
Bedoya C. 2015	I	310 [kg/m ³ H°]	7.80	—	8.0	—	9.7	—	12.6
Gonzales B. 2002	I	325 [kg/m ³ H°]	5.62	—	—	—	6.52	—	—

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-37: Porcentaje de absorción después de inmersión y ebullición de los estudios consultados

Fuente: Elaboración propia, 2023

PORCENTAJE DE DIFERENCIA DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de Cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ H°]	0.0	-17.7	—	-23.0	-35.9	—	—
		350 [kg/m ³ H°]	0.0	-22.0	—	-25.5	-39.4	—	—
Bedoya C. 2015	I	310 [kg/m ³ H°]	0.0	—	-2.6	—	-24.4	—	-61.5
Gonzales B. 2002	I	325 [kg/m ³ H°]	0.0	—	—	—	-16.0	—	—

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-38: Porcentaje de diferencia del porcentaje de absorción después de inmersión y ebullición de los estudios consultados

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.5.2.3. VOLUMEN DE VACÍOS

En la siguiente figura se muestran los promedios obtenidos de los porcentajes de absorción después de inmersión y ebullición para todos los tipos de hormigón.

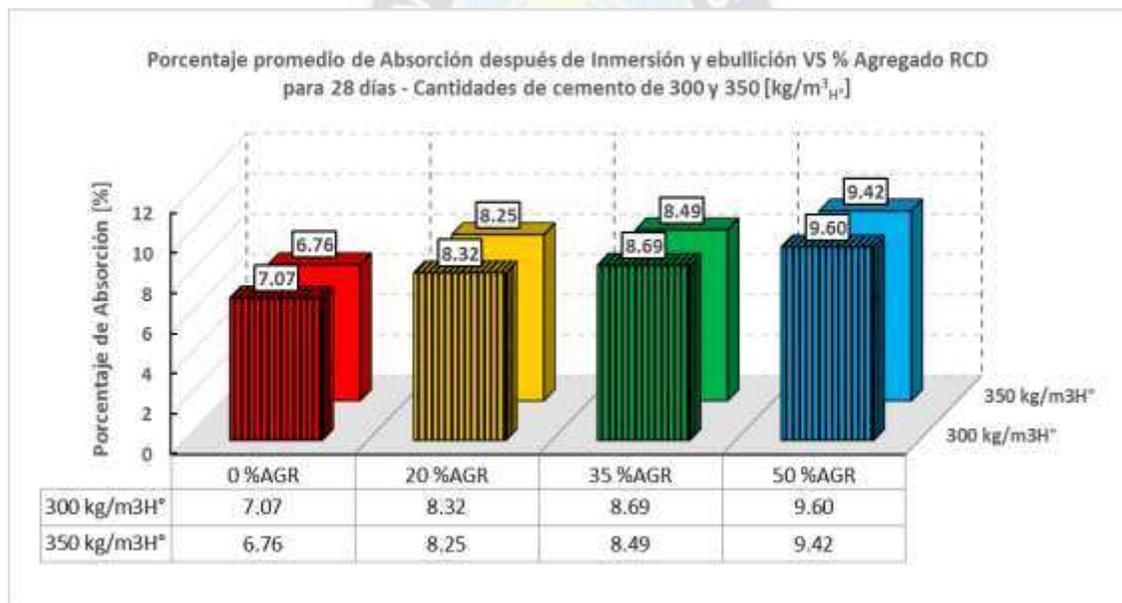


Figura N° 4-14: Volumen de vacíos promedio de los hormigones para 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-14, se observan que los volúmenes de vacíos más bajos se obtienen con los hormigones tradicionales y que incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de agregado RCD. En la tabla 4-39, se tienen los porcentajes de ganancia de los volúmenes de vacíos de los hormigones con agregado RCD respecto de los hormigones tradicionales.

PORCENTAJE DE GANANCIA DE ABSORCIÓN PARA 28 DÍAS [%]			
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]		
	20	35	50
300 [kg/m ³ H ^o]	14.3	18.6	28.2
350 [kg/m ³ H ^o]	17.7	20.7	30.9

Tabla N° 4-39: Porcentaje de ganancia de los volúmenes de vacíos de los hormigones con agregado RCD
Fuente: Elaboración propia, 2023

4.5.2.3.1. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS CONSULTADOS

PORCENTAJE DE VOLUMEN DE VACÍOS SEGÚN ASTM C 469									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de Cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ H ^o]	15.57	17.80	—	18.47	19.96	—	—
		350 [kg/m ³ H ^o]	14.98	17.63	—	18.07	19.60	—	—
Zega C. 2008	I	388 [kg/m ³ H ^o]	12.20	—	—	—	—	15.60	—
		310 [kg/m ³ H ^o]	13.00	—	—	—	—	16.10	—
		258 [kg/m ³ H ^o]	13.40	—	—	—	—	16.30	—
Bedoya C. 2015	I	325 [kg/m ³ H ^o]	17.50	—	18.50	—	20.60	—	25.20

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-40: Porcentaje de los volúmenes de vacíos de los estudios consultados

Fuente: Elaboración propia, 2023

PORCENTAJE DE DIFERENCIA DE LOS VOLÚMENES DE VACÍOS									
Referencia	Tipo de cemento	Cantidad de Cemento	Porcentaje de Agregado RCD [%]						
			0%	20%	25%	35%	50%	75%	100%
Proyecto de grado Salazar C. 2023	IP - 40	300 [kg/m ³ H ^o]	0.0	-14.3	—	-18.6	-28.2	—	—
		350 [kg/m ³ H ^o]	0.0	-17.7	—	-20.7	-30.9	—	—
Zega C. 2008	I	388 [kg/m ³ H ^o]	0.0	—	—	—	—	-27.9	—
		310 [kg/m ³ H ^o]	0.0	—	—	—	—	-23.8	—
		258 [kg/m ³ H ^o]	0.0	—	—	—	—	-21.6	—
Bedoya C. 2015	I	325 [kg/m ³ H ^o]	0.0	—	-5.7	—	-17.7	—	-44.0

Nota: los valores que se encuentran en color rojo son los que fueron obtenidos en el proyecto de grado

Tabla N° 4-41: Porcentaje de diferencia de los porcentaje de los volúmenes de vacíos de los estudios consultados

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.5.2.4. CONCLUSIÓN PARCIAL DE LA ABSORCIÓN Y VOLUMEN DE VACÍOS

Como se observa en las tablas N° 4-34, 4-37 y 4-40, los porcentajes de absorción y volumen de vacíos obtenidos y consultados muestran que los hormigones con agregado grueso reciclado (RCD) presentan valores superiores con respecto a un hormigón tradicional y esto se debe a que los agregados

reciclados presentan una alta absorción por lo que hormigón obtenido es afectado siendo susceptible a sustancias agresivas. Los porcentajes de diferencia se encuentran en la tabla N° 4-35, 4-38 y 4-41.

4.5.3. VERIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES OBTENIDAS SI LAS MEZCLAS SE PRODUCEN POR RELACIÓN VOLUMÉTRICA

Se obtuvieron resultados bastante buenos por dosificaciones gravimétricas pero existe el riesgo de que algunos constructores quieran realizar los vaciados mediante relaciones volumétricas porque es la práctica más común en nuestro medio. Sin embargo, existen problemas en este proceso debido a que los constructores cometen errores totalmente contraproducentes para la elaboración del hormigón. Por esta razón, se realizaron dos vaciados en donde se consideraron la elaboración del hormigón sin ningún tipo de control y exageradamente fluido, y otros dos vaciados en las que se incorporó una mejora tecnológica basado en la corrección por esponjamiento de la arena y se controló la consistencia (7 ± 1 cm), ya que estos permiten tener mejores resultados, tratando de que el proceso sea más controlado. También se consideraron que los vaciados fueron simulados para mezcladoras de 140 y 350 litros porque son las más empleadas en nuestro medio.

Estos vaciados se realizaron con el hormigón de $350 \text{ kg/m}^3_{H^0}$ con 20% de agregado RCD debido a que obtuvo la resistencia más alta entre las dos cantidades de cemento y los porcentajes de RCD En la figura N° 4-15, se muestran las curvas de resistencias a compresión obtenidas con los siguientes detalles:

- ▲ para los vaciados 1 y 3, no se consideró la mejora tecnológica (la corrección por esponjamiento de la arena) y ni se controló la consistencia.
- ▲ para los vaciados 2 y 4, se consideró la mejora tecnológica (la corrección por esponjamiento de la arena) y además se controló la consistencia del hormigón fresco.
- ▲ para los vaciados 1 y 2, se realizaron para una mezcladora de 140 lts.
- ▲ para los vaciados 3 y 4, se realizaron para una mezcladora de 350 lts.

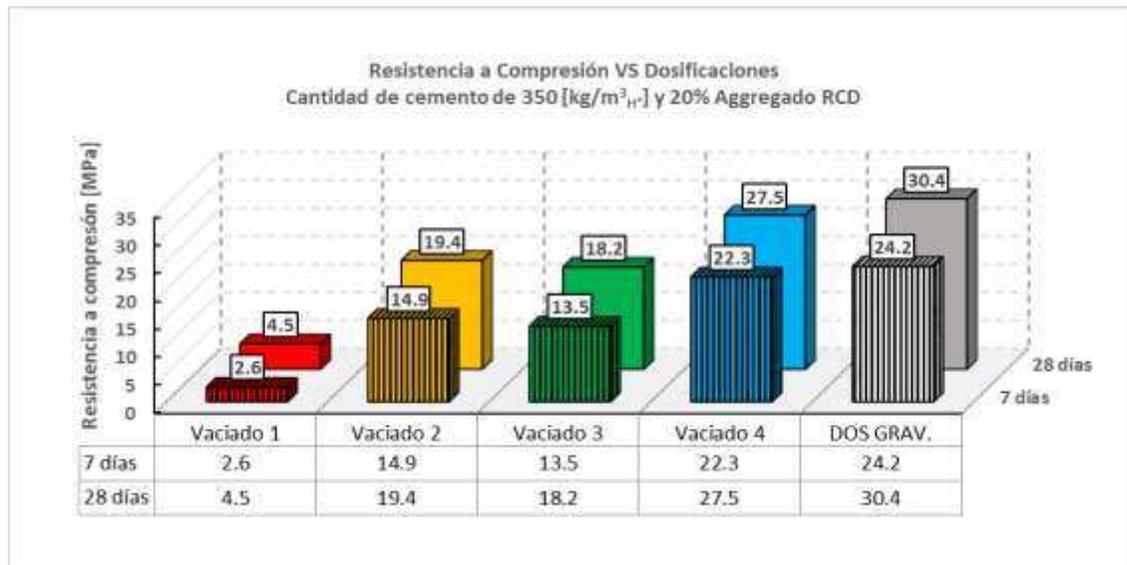


Figura N° 4-15: Resistencia a compresión del hormigón 350 kg/m³_H con 20% de agregado RCD de las relaciones volumétricas y la dosificación gravimétrica

Fuente: Elaboración propia, 2023

De la figura N° 4-15, se observa que:

- ↪ El no considerar el esponjamiento de la arena tiene resultados totalmente desfavorables al hormigón fresco convirtiéndolos en hormigones pedregosos (por su alto contenido de grava y escaso contenido de arena) y ásperos (dificulta en su colocado y acabado) consecuentemente se ve afectado la resistencia como se puede apreciar en el 1^{ER} y 3^{ER} vaciado.
- ↪ La corrección por esponjamiento de la arena incorpora una mejora tecnológica en donde se convierte en un hormigón fresco trabajable presentando un aspecto homogéneo dando resultados muy significativos en resistencia (2^{DO} y 4^{TO} vaciado) como en otras propiedades.
- ↪ Se debe realizar el control de la consistencia en los vaciados de tal forma que nos ayude a corregir la cantidad de agua de amasado evitando que se tengan mezclas muy húmedas y que afecten en las propiedades del hormigón fresco.
- ↪ Como se observa en el 1^{ER} y 3^{ER} vaciado o en el 2^{DO} y 4^{TO} vaciado, se tiene una diferencia importante en la resistencia a compresión, y para explicar estos resultados se necesita el valor de la relación volumétrica del cemento que se obtuvo para las dosificaciones el cual es igual a 1 (uno). Entonces con el balde de pintura (volumen de 4.48 litros) que se utilizó teóricamente

se tendría que obtener un peso del cemento de 6.303 g pero al medir el peso del cemento que se encontraba dentro del balde se obtuvo un resultado inferior como se muestra en la tabla N° 4-42, por este motivo la dosificación fue alterada dando resistencias bajas.

	PESO DEL CEMENTO		
	Peso real del cemento en el balde, [kg]		Peso teórico del cemento en el balde, [kg]
	1 ^{ER} vaciado	2 ^{DO} vaciado	
Peso del cemento [kg]	3.8617	3.8603	6.303
Porcentaje de diferencia [%]	61.3	61.2	—

Tabla N° 4-42: Porcentaje de diferencia respecto del peso teórico del cemento

Fuente: Elaboración propia, 2023

- ➔ Otro error que existe es el de no usar el mismo recipiente en la medición de todos los materiales. Esto ocurre en el 3^{ER} y 4^{TO} vaciado donde se asumió que se mide el cemento en su mismo recipiente que es su bolsa pero para la medición de los agregados se utiliza otro tipo de recipientes como cajas o baldes de pintura lo que lleva a alterar la dosificación dando resistencias bajas.
- ➔ Para realizar la conversión de peso a volumen, se debe realizar una calibración de los recipientes (cajas, baldes de pintura) que serán empleados en la dosificación, de esta manera, se garantiza que las cantidades de los materiales medidos en volumen sean equivalente a las calculadas por peso.

4.6. APLICACIÓN DEL PROYECTO

Se realizó la aplicación del hormigón tomando en cuenta la siguiente licitación:

- ♣ Licitación: ST. Viviendas para profesores bloque B – U.E. Malla
- ♣ Cuce: 22-1254-00-1160162-1-1
- ♣ Entidad: Gobierno Autónomo Municipal De Malla
- ♣ Departamento: La Paz
- ♣ Resistencia de diseño: 21 MPa

De la tabla 4-28 (pág. 59) se tiene dos hormigones con agregado grueso reciclado que tienen la misma resistencia exigida y son los hormigones con la cantidad de cemento de $300 \text{ kg/m}^3_{H^{\circ}}$ con 20 y 35% de agregado grueso reciclado (RCD) pero al observar que sus relaciones de costo/resistencia son prácticamente iguales se optó por usar el porcentaje de 35% debido a que se utiliza más agregado reciclado y consecuentemente favorece al medio ambiente. Además se realizó la comparación del presupuesto del proyecto en la parte de infraestructura con el hormigón tradicional con $300 \text{ kg/m}^3_{H^{\circ}}$ de cemento para apreciar la diferencia de precios que existe entre ambos.

INFRAESTRUCTURA - CANTIDAD DE CEMENTO DE $300 \text{ [kg/m}^3_{H^{\circ}}]$ - 0% DE AGREGADO RCD					
ITEM	Descripción	Und	Cant.	Precio Unitario (Bs)	Precio Parcial (Bs)
1	Excavación de cimientos terreno semi duro	M3	24.79	93.81	2325.53
2	Base de hormigón pobre	M2	14.33	600.53	8605.63
3	Zapatas de H°A°	M3	5.73	1688.61	9675.71
4	Columnas de H°A°	M3	3.19	2104.80	6714.32
5	Relleno y compactado	M3	13.81	69.64	961.66
6	Vigas de H°A°	M3	5.40	2087.43	11272.10
7	Losa alivianada de H°A°	M2	51.64	620.48	32041.67
8	Escalera de H°A°	M3	1.32	2304.76	3042.29
9	Cubierta de calamina galv. N°28 con estructura de metal	M2	78.08	369.38	28840.88
PRECIO TOTAL					103479.79

Tabla N° 4-43: Presupuesto de infraestructura con el hormigón de $300 \text{ kg/m}^3_{H^{\circ}}$ - 0% agregado RCD
Fuente: Elaboración propia, 2023

INFRAESTRUCTURA - CANTIDAD DE CEMENTO DE $300 \text{ [kg/m}^3_{H^{\circ}}]$ - 35% DE AGREGADO RCD					
ITEM	Descripción	Und	Cant.	Precio Unitario (Bs)	Precio Parcial (Bs)
1	Excavación de cimientos terreno semi duro	M3	24.79	93.81	2325.53
2	Base de hormigón pobre	M2	14.33	600.53	8605.63
3	Zapatas de H°A°	M3	5.73	1692.48	9697.91
4	Columnas de H°A°	M3	3.19	2108.68	6726.68
5	Relleno y compactado	M3	13.81	69.64	961.66
6	Vigas de H°A°	M3	5.40	2091.30	11293.02
7	Losa alivianada de H°A°	M2	51.64	623.43	32194.15
8	Escalera de H°A°	M3	1.32	2308.64	3047.40
9	Cubierta de calamina galv. N°28 con estructura de metal	M2	78.08	369.38	28840.88
PRECIO TOTAL					103692.85

Tabla N° 4-44: Presupuesto de infraestructura con el hormigón de $300 \text{ kg/m}^3_{H^{\circ}}$ - 35% agregado RCD
Fuente: Elaboración propia, 2023

De las tablas N° 4-43 y 4-44, se obtiene una diferencia del precio de construcción de Bs. 213.06.



CAPÍTULO V

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El proyecto cumplió con su objetivo general debido a que se obtuvieron resultados comparativos de resistencia a compresión de hormigones tradicionales y hormigones con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado (RCD), para lo cual se ensayaron 360 probetas (revolturas de prueba y trabajo final) que demandaron aproximadamente 8 bolsas de cemento, 0.6 m³ de agregado grueso natural, 0.7 m³ de agregado fino natural, y 0.2 m³ de agregado grueso reciclado (RCD). El trabajo se desarrolló en el Instituto de Ensayo de Materiales (IEM).
- Se determinaron las características físico—mecánicas del agregado grueso reciclado (RCD) mediante las normas ASTM, donde el agregado cumplió con los límites de granulometría (ASTM C 136), desgaste de los ángeles (ASTM C 131), y partículas planas y alargadas (ASTM D 4791), excepto el Tamiz 200 (ASTM C 117), y también se evidenció que la absorción de este agregado presentó una mayor capacidad al agregado grueso natural en 422.6%.
- Mediante el ensayo a compresión se evidenció que la influencia que tiene el agregado grueso reciclado (RCD) es inversamente proporcional a la resistencia, como se mostraron en las figuras N° 4-6 y 4-7 (pág. 54).
- El análisis ANOVA realizado en el ensayo a compresión para los hormigones elaborados mostró que el factor C (cantidad de cemento) y el factor R (porcentaje de agregado grueso reciclado RCD) influyeron significativamente en la resistencia a compresión del hormigón para un nivel de confianza del 95%. La interacción de los factores CR no influyeron significativamente en la resistencia a compresión del hormigón.
- El análisis de la prueba de Duncan realizado en las resistencias a compresión a la edad de 28 días determinó que los hormigones con la cantidad de cemento de 350 kg/m³_H y los porcentajes de 35 y 50% son estadísticamente iguales y los hormigones con la cantidad de cemento de 300 kg/m³_H y los porcentajes de 20 y 35% son estadísticamente iguales, así también sucede con los porcentajes de 35 y 50%.

- El análisis de costo/resistencia determinó que existe la posibilidad de aumentar el porcentaje de agregado grueso reciclado (RCD), esto ocurre para la resistencia característica de 21 MPa en donde se puede utilizar el hormigón de $300 \text{ kg/m}^3_{\text{H}}$ de cemento con 35% RCD en lugar del 20% RCD, y para la resistencia característica de 25 MPa se puede utilizar el hormigón de $350 \text{ kg/m}^3_{\text{H}}$ de cemento con 50% RCD en lugar del 35% RCD, como se muestra en la tabla 4-28 (pág. 59).
- A partir de los resultados obtenidos se obtuvo la dosificación óptima para los elementos de hormigón estructurales en la construcción de una vivienda con una resistencia característica a compresión de 21 MPa (H21) que fue el porcentaje de sustitución de 35% de agregado grueso reciclado (RCD) con la cantidad de cemento de $300 \text{ kg/m}^3_{\text{H}}$.

5.2. CONCLUSIONES DERIVADAS DE LOS ENSAYOS ADICIONALES

Adicionalmente de manera informativa se realizaron ensayos adicionales sobre el módulo de elasticidad, la absorción, el volumen de vacíos y dosificaciones mediante relaciones volumétricas. Esta información se encuentra en el punto N° 4.5. y se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se evidenció que la influencia que tiene el agregado grueso reciclado (RCD) es inversamente proporcional al módulo de elasticidad, como se mostró en la figura N° 4-11 (pág. 61).
- Se evidenció que la influencia que tiene el agregado grueso reciclado (RCD) es directamente proporcional a la absorción y el volumen de vacíos, como se mostraron en las figuras N° 4-12 a 4-14 (pág. 64 a 67).
- En laboratorio se obtuvieron excelentes resistencias a compresión para los hormigones empleando la dosificación gravimétrica, sin embargo, en obra el uso tradicional para elaborar hormigón se realiza por volumen, y por esta razón se realizaron unos vaciados simulando ciertas condiciones y se evidencio que al dosificar de esta manera se tienen efectos adversos en la elaboración del hormigón debido a que la medición de los materiales no es precisa porque no se realiza una calibración de los recipientes y no garantiza que el volumen de los materiales sean equivalentes a la calculadas por peso, por lo tanto se altera la dosificación y se obtiene hormigones de baja calidad, como se mostró en la figura N° 4-15 (pág. 70).

- En base a todos los resultados obtenidos en el proyecto de grado se concluye que el agregado grueso reciclado (RCD) puede ser utilizado como sustituto del agregado grueso natural hasta el 35 y 20% para la cantidad de cemento de 300 y 350 kg/m³_{H^o} respectivamente, debido a que a mayores porcentajes disminuye la resistencia a compresión, disminuye el módulo de elasticidad, aumenta la absorción y aumenta el volumen de vacíos.
- Los agregados gruesos reciclados (RCD) tienen el potencial para ser considerados materiales alternativos viables para su empleo en elementos de hormigón y con un tratamiento adecuado de los RCDs desde su recepción, acopio, selección hasta la obtención del agregado se lograría tener mejores propiedades lo que daría la posibilidad de aumentar su porcentaje, por consiguiente, al utilizar este agregado se reduciría el impacto ambiental causado por la eliminación de estos residuos en botaderos ilegales y/o quebradas de ríos.

5.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el porcentaje de 35% de agregado grueso reciclado (RCD) para una resistencia característica de hasta 21 MPa (resistencia más utilizada en los elementos estructurales de una vivienda) para la cantidad de cemento de 300 kg/m³_{H^o} y utilizar el 20% de agregado grueso reciclado (RCD) para una resistencia característica de 26 MPa para la cantidad de cemento de 350 kg/m³_{H^o}, puesto que a mayores porcentajes existen efectos desfavorables en la resistencia a compresión, módulo de elasticidad, porcentaje de absorción y volumen de vacíos.
- Se recomienda realizar los vaciados por dosificación gravimétrica debido a que la medición de los materiales es exacta y consecuentemente se obtiene hormigones de mejor calidad lo que brinda seguridad en su elaboración y en el caso de que fuera realmente necesario realizar los vaciados por relaciones volumétricas se debe cumplir ciertas condiciones como realizar la medición del cemento en peso, realizar la corrección por esponjamiento de la arena, la medición del agua y los agregados deben ser realizados en recipientes previamente calibrados.
- Es recomendable contar con información de la procedencia de la materia prima (RCDs) para el reciclaje debido a que sus propiedades de origen afectan en el comportamiento del agregado que se obtiene.

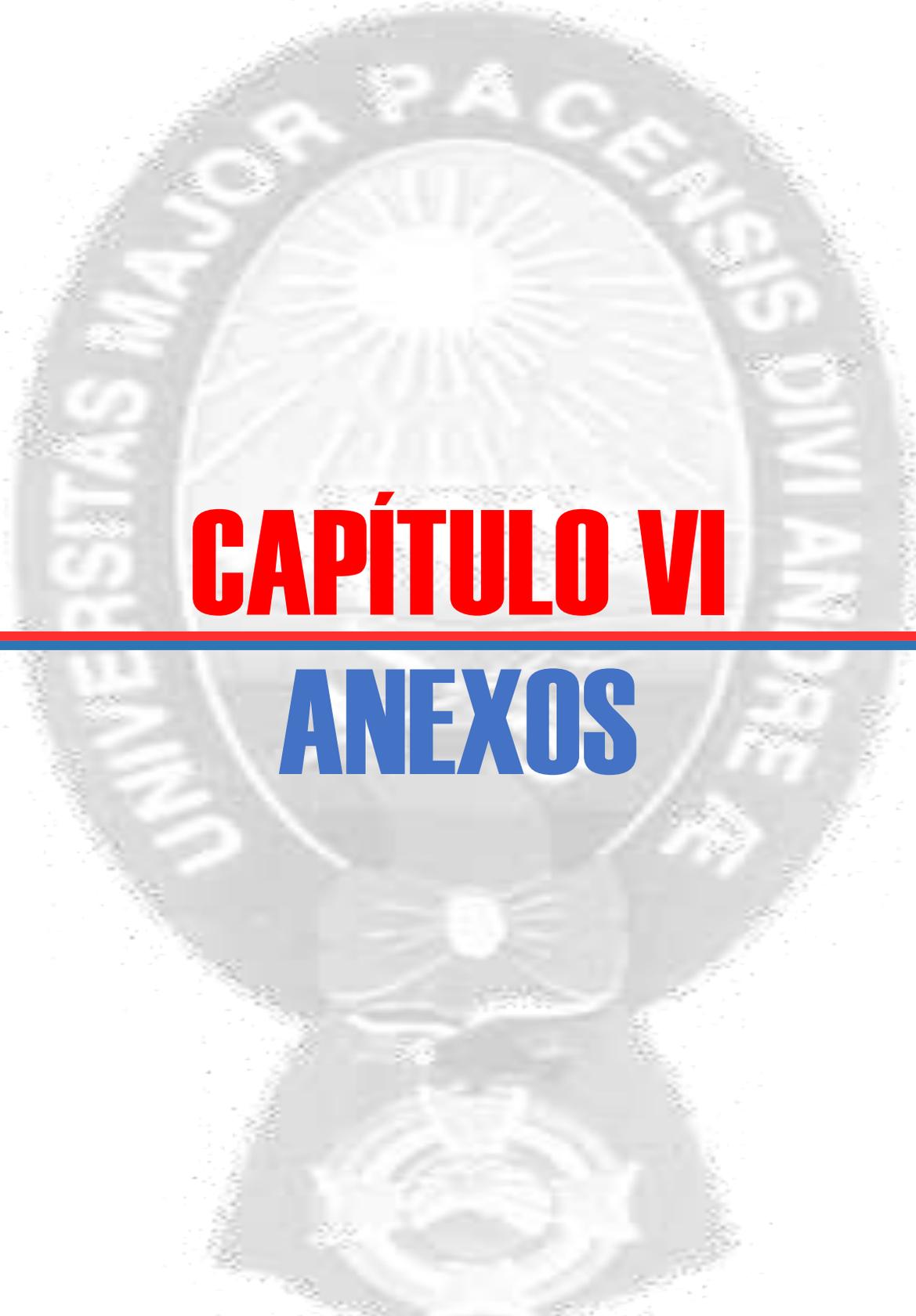
- Si bien el precio del agregado grueso reciclado es más elevado que el agregado grueso natural, se recomienda que el gobierno autónomo municipal de La Paz u otras autoridades pertinentes realicen una inversión para crear un lugar apropiado de recepción y acopio de los RCDs en donde se haga una selección adecuada de este material para que su tratamiento sea realizado eficientemente con el fin de obtener agregados con buenas propiedades dando la posibilidad de poder aumentar su porcentaje y que este agregado sea utilizado en las mismas obras que desarrollan eliminando estos pasivos ambientales.
- Se recomienda que en un futuro IBNORCA pueda redactar normas para el agregado grueso reciclado (RCD), de esta manera, obtendríamos elementos de hormigón con estándares de calidad y se podría basar en la norma EHE-08 de España como se muestra en el anexo 6.10.
- No se recomienda usar el agregado fino reciclado por su alto contenido de absorción porque este disminuiría considerablemente la resistencia a compresión y aumentaría el valor de absorción del hormigón.
- Para mejor conocimiento del hormigón con agregado grueso reciclado (RCD), se recomienda investigar otros ensayos de durabilidad del hormigón endurecido.
- Se recomienda investigar sobre el uso aditivos que podrían mejorar las características de los hormigones con agregado grueso reciclado (RCD).
- Se recomienda realizar investigaciones sobre el uso de estos agregados reciclados en capas bases viales, sub-bases, estabilizaciones de suelos y elementos prefabricados.

5.4. BIBLIOGRAFÍA

- ACI 211.1. (2009). Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y en masa.
- Alape, C., & Santos, A. (2020). Estudio Comparativo entre un Concreto Convencional de 3000 psi y un concreto con Agregado Grueso a partir de 50%, 75% Y 100% de RCD. *Proyecto de Investigación*. Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia.
- ASOCRETO. (2011). Agregado Reciclados presentes en la Rehabilitacion de Estructuras. *Noticreto*, 62-63.
- ASTM C 117. (s.f.). Método de ensayo normalizado para determinar la cantidad de material más fino que el tamiz de 75 um (Nº 200) de los áridos minerales por el método de lavado.

- ASTM C 127. (s.f.). Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso.
- ASTM C 128. (s.f.). Método de ensayo estándar para determinar la Densidad, Densidad relativa (Gravedad Específica) y la Absorción de Agregados Finos.
- ASTM C 136. (s.f.). Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.
- ASTM C 138. (s.f.). Método de Ensayo Estándar para Densidad (Peso Unitario), Volumen y Contenido de Aire (Método Gravimétrico) en una Mezcla de Concreto.
- ASTM C 143. (s.f.). Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico.
- ASTM C 192. (s.f.). Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.
- ASTM C 29. (s.f.). Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente (peso unitario) e Índice de Huecos en los Áridos.
- ASTM C 39. (s.f.). Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto.
- ASTM C 470. (s.f.). Especificación Estándar para Moldes para Encofrado Vertical de Cilindros de Concreto.
- Bazalar La Puerta, L. R., & Cadenillas Calderón, M. A. (2019). Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras aperticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación. *Tesis*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Cardenas, C. (2020). Revisión Documental sobre Concretos Reciclados y su Resistencia a la Compresión. *Tesis*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Cement Sustainability Initiative. (s.f.). Reciclando Concreto.
- CEMEX. (s.f.). CEMEX. Obtenido de CEMEX: https://www.cemexmexico.com/quizzes-full-view/-/asset_publisher/uG2W76KBBu5B/content/resistencia-pruebas-y-resultados
- Cerruto, F. (2010). *Guía de Laboratorio Ensayos*. La Paz, Bolivia.
- Cerruto, F. (2015). *Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón*. La Paz, Bolivia.
- Di Maio, A. (2004). Hormigón con agregados reciclados: Resistencia, módulo de elasticidad y fluencia bajo cargas de compresión. *Investigación*. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, Argentina.
- EHE-08. (2011). Instrucción de Hormigón Estructural. España.
- González, B. (2002). Hormigones con áridos reciclados procedentes de demoliciones: Dosificaciones, propiedades mecánicas y comportamiento estructural a cortante. *Tesis*. Universidade da Coruña, España.
- IBNORCA. (1987). Código Boliviano del hormigón CBH - 87.
- Jordan, J., & Viera, N. (2014). Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra. *Tesis*. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Peru.

- Lopez Gayarre, F. (2008). Dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas. *Tesis Doctoral*. Universidad de Oviedo, España.
- López, L., Ramirez, M., & Oblitas, R. (2022). *Relación entre el módulo de elasticidad y la resistencia a compresión de hormigones elaborados con tres marcas de cemento tipo IP disponibles en la ciudad de La Paz*. UMSA, La Paz, Bolivia.
- Página Siete. (4 de Octubre de 2018). *paginasiete*. Obtenido de paginasiete: <https://www.paginasiete.bo/especial01/2018/10/4/la-paz-genero-casi-un-millon-de-toneladas-de-escombros-195816.html>
- Proyecto GEAR. (2012). Guía Española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD). España.
- Ramallo Yugar, I. (2012). Estudio de hormigones preparados con agregados reciclados. *Proyecto de grado*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Sánchez, M. (2004). Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de Hormigón Estructural. *Tesis*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Solis, R., & Alcocer, M. (2019). *Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción*. Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México.
- Torres, N., & Laverde, J. (2017). Propiedades mecánicas, eléctricas y de durabilidad de concretos con agregados reciclados. *Revista*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Vargas, R., & Luján, M. (2016). Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba. *Artículo Científico*. Universidad Católica Boliviana, Cochabamba, Bolivia.
- Zega, C. (2008). Hormigones reciclados: caracterización de los agregados gruesos reciclados. *Tesis*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.



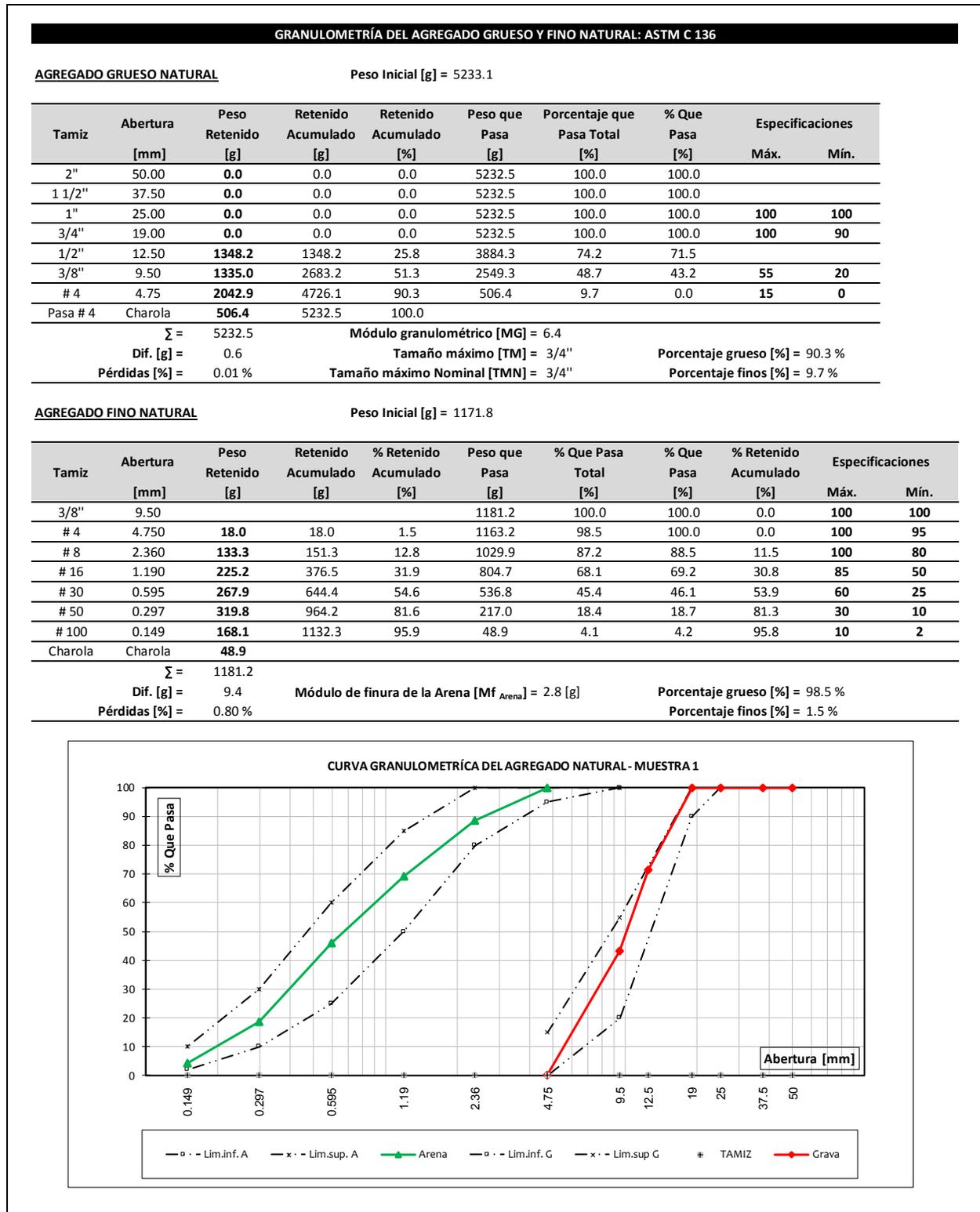
CAPÍTULO VI

ANEXOS

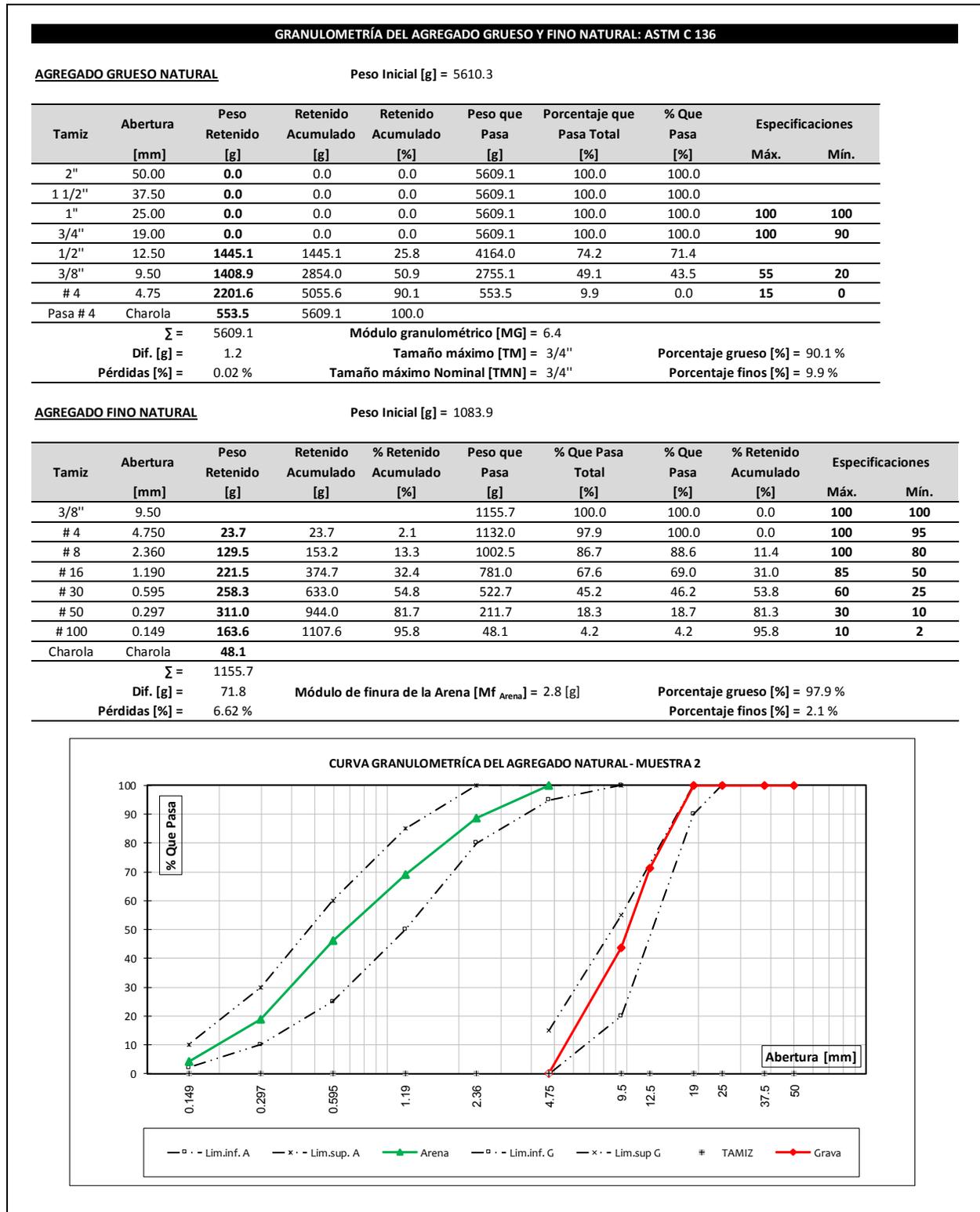
CAPÍTULO VI - ANEXOS

6.1. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

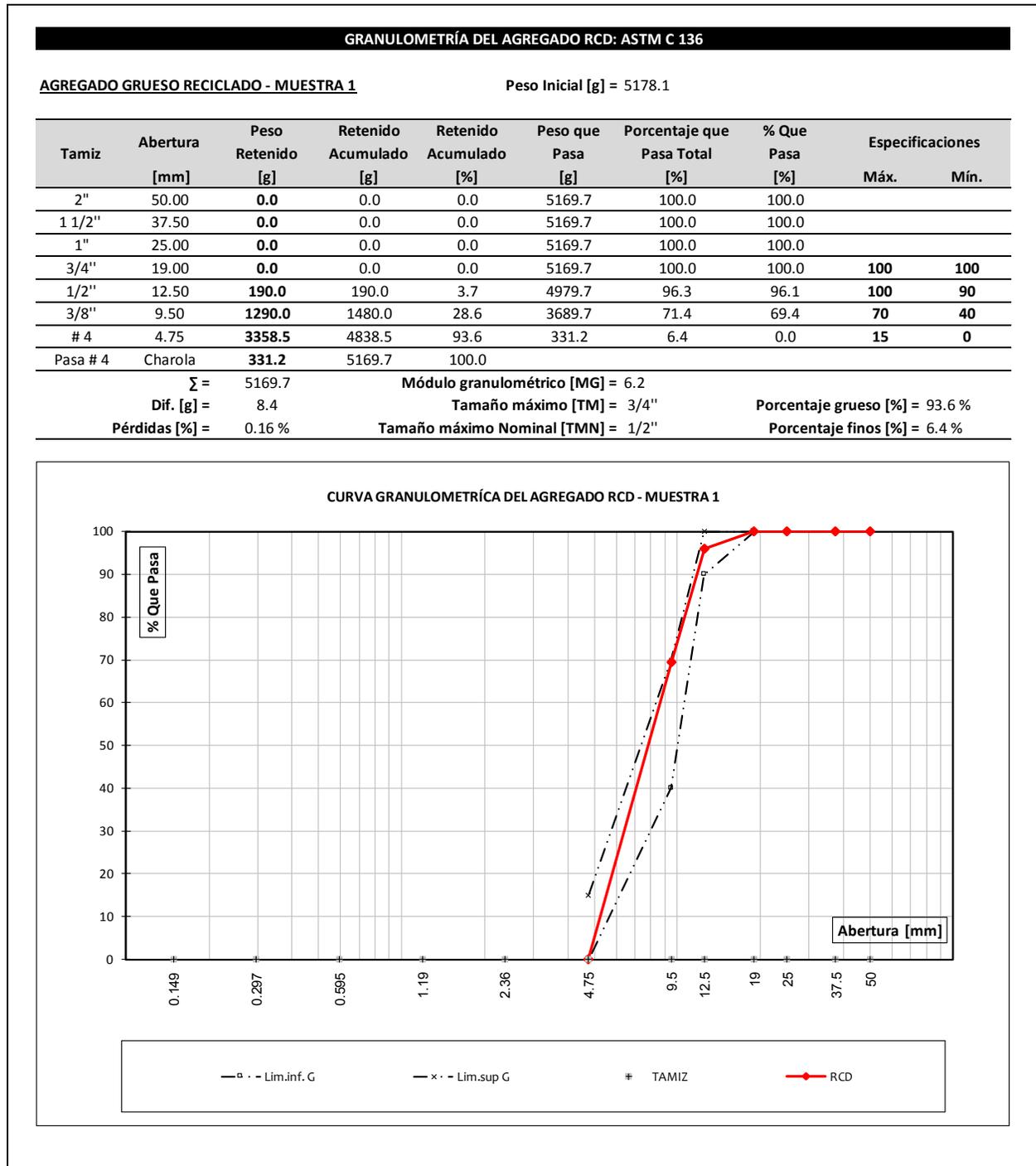
➔ GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO Y FINO NATURAL: ASTM C 136 - MUESTRA 1



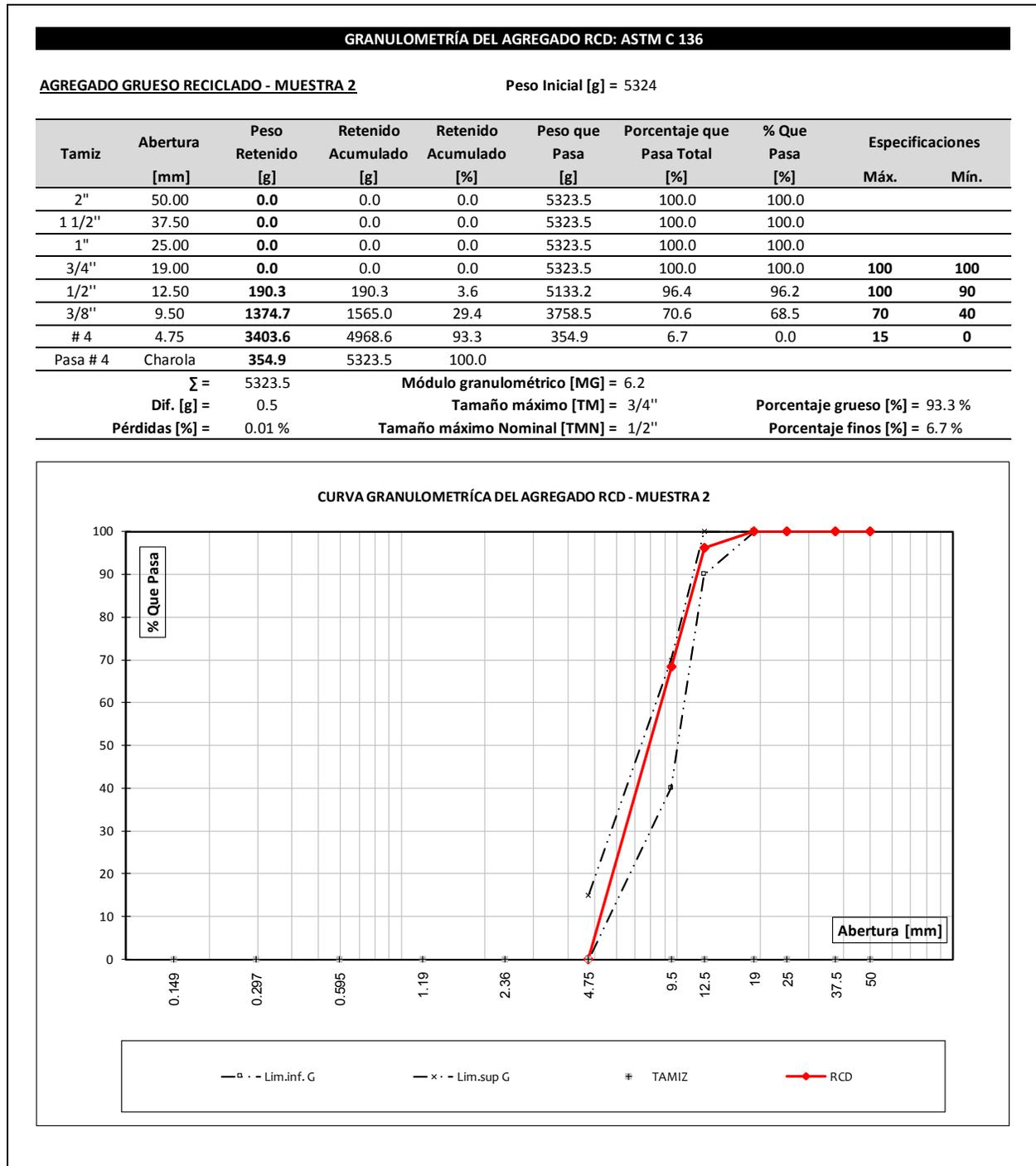
➔ GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO Y FINO NATURAL: ASTM C 136 - MUESTRA 2



➔ GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO RCD: ASTM C 136 - MUESTRA 1



➔ GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO RCD: ASTM C 136 - MUESTRA 2



➔ PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NATURAL: ASTM C 127

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NATURAL: ASTM C-127			
Datos del Peso Específico:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	328.5	323.4
Peso Muestra SSS:	$P_{MSSS} [g] =$	3488.8	3460.4
Peso Sumergido Muestra + Canastillo:	$P_{S(M+C)} [g] =$	3056.4	3040.5
Peso Sumergido Canastillo:	$P_{S(C)} [g] =$	887.7	887.7
Peso Sumergido Muestra: $P_{S(M)} = P_{S(M+C)} - P_{S(C)}$	$P_{S(M)} [g] =$	2168.7	2152.8
Peso o Volumen de agua: $P_{Agua} = P_{S(M+C)} - P_{S(M)}$	$P_{Agua} [g] =$	1320.1	1307.6
Peso Específico SSS: $G_{SSS} = P_{MSSS} / P_{Agua}$	$G_{SSS} [] =$	2.64	2.65
Peso Específico SSS Promedio: $G_{SSS prom}$	$G_{SSS prom} [] =$		2.65
Peso Específico Seco: $G_s = P_{MS} / P_{Agua}$	$G_s [] =$	2.59	2.60
Peso Específico Seco Promedio: $G_{s prom}$	$G_{s prom} [] =$		2.60
Datos de Absorción:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Muestra secada al horno + Recipiente:	$P_{MS + Recip} [g] =$	3750.1	3718.0
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	328.5	323.4
Peso Muestra secada al horno: $P_{MS} = P_{MS + Recip} - P_{Recip}$	$P_{MS} [g] =$	3421.6	3394.6
Peso de Agua Absorbida: $P_{agua Abs} = P_{MSSS} - P_{MS}$	$P_{Agua Abs} [g] =$	67.2	65.8
Porcentaje de Absorción: $\% Abs = (P_{agua Abs} * 100) / P_{MS}$	$\% Abs [] =$	1.96	1.94
Porcentaje de Absorción Promedio: $\% Abs_{prom}$	$\% Abs_{prom} [] =$		1.95

➔ PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NATURAL: ASTM C 128

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NATURAL: ASTM C-128			
Datos del Peso Específico:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Frasco Volumétrico:	$P_F [G] =$	148.0	148.0
Peso fresco lleno de agua:	$P_{F + Agua} [g] =$	647.1	647.1
Peso Muestra SSS:	$P_{MSSS} [g] =$	413.5	471.6
Peso Frasco + Agua + Muestra:	$P_{F + Agua + M} [g] =$	901.9	937.1
Peso Agua Añadida: $W = P_{F + Agua + M} - P_F - P_{MSSS}$	$W [g] =$	340.4	317.5
Capacidad del Frasco: $V = P_{F + Agua} - P_F$	$V [g] =$	499.1	499.1
Peso del agua desplazada: $P_w = V - W$	$P_w [g] =$	158.7	181.6
Peso Específico SSS: $G_{SSS} = P_w / P_{MSSS}$	$G_{SSS} [] =$	2.61	2.60
Peso Específico SSS Promedio: $G_{SSS prom}$	$G_{SSS prom} [] =$		2.61
Peso Específico Seco: P_{MS} / P_w	$G_s [] =$	2.57	2.56
Peso Específico Seco Promedio: $G_{s prom}$	$G_{s prom} [] =$		2.57
Datos de Absorción:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Muestra secada al horno + recipiente:	$P_{MS + Recip} [g] =$	560.4	616.4
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	152.9	151.6
Peso Muestra secada al horno: $P_{MS} = P_{MS + Recip} - P_{Recip}$	$P_{MS} [g] =$	407.5	464.8
Peso de Agua Absorbida: $P_{agua Abs} = P_{MSSS} - P_{MS}$	$P_{Agua Abs} [g] =$	6.0	6.8
Porcentaje de Absorción: $\% Abs = (P_{agua Abs} * 100) / P_{MS}$	$\% Abs [] =$	1.47	1.46
Porcentaje de Absorción Promedio: $\% Abs_{prom}$	$\% Abs_{prom} [] =$		1.47

➔ PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO RCD: ASTM C 127

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO RCD: ASTM C-127			
Datos del Peso Específico:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	401.6	382
Peso Muestra SSS:	$P_{MSSS} [g] =$	3448.3	3411.8
Peso Sumergido Muestra + Canastillo:	$P_{S(M+C)} [g] =$	2845.7	2823.8
Peso Sumergido Canastillo:	$P_{S(C)} [g] =$	885.9	885.9
Peso Sumergido Muestra: $P_{S(M)} = P_{S(M+C)} - P_{S(C)}$	$P_{S(M)} [g] =$	1959.8	1937.9
Peso o Volumen de agua: $P_{Agua} = P_{S(M+C)} - P_{S(M)}$	$P_{Agua} [g] =$	1488.5	1473.9
Peso Específico SSS: $G_{SSS} = P_{MSSS} / P_{Agua}$	$G_{SSS} [] =$	2.32	2.31
Peso Específico SSS Promedio: $G_{SSS prom}$	$G_{SSS prom} [] =$		2.32
Peso Específico Seco: $G_s = P_{MS} / P_{Agua}$	$G_s [] =$	2.11	2.10
Peso Específico Seco Promedio: $G_{s prom}$	$G_{s prom} [] =$		2.11
Datos de Absorción:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Muestra secada al horno + Recipiente:	$P_{MS + Recip} [g] =$	3535.5	3474.1
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	401.6	382.0
Peso Muestra secada al horno: $P_{MS} = P_{MS + Recip} - P_{Recip}$	$P_{MS} [g] =$	3133.9	3092.1
Peso de Agua Absorbida: $P_{Agua Abs} = P_{MSSS} - P_{MS}$	$P_{Agua Abs} [g] =$	314.4	319.7
Porcentaje de Absorción: $\% Abs = (P_{Agua Abs} * 100) / P_{MS}$	$\% Abs [] =$	10.03	10.34
Porcentaje de Absorción Promedio: $\% Abs_{prom}$	$\% Abs_{prom} [] =$		10.19

➔ PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL: ASTM C 29

⤴ PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL ASTM C 29				
Datos del recipiente				
Peso del Recipiente (Tara):	$P_{Recipiente} [g] =$	6421		
Volumen del Recipiente:	$V_{Recipiente} [cm^3] =$	14337		
Datos del Peso Unitario SUELTO:		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Recipiente + Muestra Suelta:	$P_{Recipiente + Muestra Suelta} [g] =$	27953	27885	27901
Peso de la Muestra Suelta:	$P_{Muestra Suelta} [g] =$	21532	21464	21480
Peso Unitario Suelto:	$PUS [g/cm^3] =$	1.502	1.497	1.498
Peso Unitario Suelto:	$PUS [Kg/m^3] =$	1502	1497	1498
Peso Unitario Suelto:	$PUS_{prom} [Kg/m^3] =$		1499	
Datos del Peso Unitario COMPACTADO:		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Recipiente + Muestra Compactada:	$P_{Recipiente + Muestra Compactada} [g] =$	29959	29891	29902
Peso de la Muestra Compactada:	$P_{Muestra Compactada} [g] =$	23538	23470	23481
Peso Unitario Compactado:	$PUC [g/cm^3] =$	1.642	1.637	1.638
Peso Unitario Compactado:	$PUC [Kg/m^3] =$	1642	1637	1638
Peso Unitario Suelto:	$PUC_{prom} [Kg/m^3] =$		1639	

▲ **PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL**

PORCENTAJE DE VACIOS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL			
	Agregado:		Grueso
	Estado:	Suelto	Compactado
Gs [] =		2.60	2.60
PU _{Agua} [Kg/m ³] =		997.79	997.79
Gs * PU _{Agua} =		2594	2594
PU _{Agregado} [Kg/m ³] =		1499	1639
% Vacíos [%] =		42.22 %	36.82 %

➔ **PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO NATURAL: ASTM C 29**

▲ **PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO NATURAL ASTM C 29				
Datos del recipiente				
Peso del Recipiente (Tara):	P _{Recipiente} [g] =			1785
Volumen del Recipiente:	V _{Recipiente} [cm ³] =			2834
Datos del Peso Unitario SUELTO:		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Recipiente + Muestra Suelta:	P _{Recipiente + Muestra Suelta} [g] =	6472.0	6458.0	6496.0
Peso de la Muestra Suelta:	P _{Muestra Suelta} [g] =	4687.0	4673.0	4711.0
Peso Unitario Suelto:	PUS [g/cm ³] =	1.654	1.649	1.662
Peso Unitario Suelto:	PUS [Kg/m³] =	1654	1649	1662
Peso Unitario Suelto:	PUS_{prom} [Kg/m³] =		1655	
Datos del Peso Unitario COMPACTADO:		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Recipiente + Muestra Compactada:	P _{Recipiente + Muestra Compactada} [g] =	6790	6786	6777
Peso de la Muestra Compactada:	P _{Muestra Compactada} [g] =	5005	5001	4992
Peso Unitario Compactado:	PUC [g/cm ³] =	1.766	1.765	1.761
Peso Unitario Compactado:	PUC [Kg/m³] =	1766	1765	1761
Peso Unitario Suelto:	PUC_{prom} [Kg/m³] =		1764	

▲ **PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO NATURAL**

PORCENTAJE DE VACIOS DEL AGREGADO FINO NATURAL			
	Agregado:		Fino
	Estado:	Suelto	Compactado
Gs [] =		2.57	2.57
PU _{Agua} [Kg/m ³] =		997.79	997.79
Gs * PU _{Agua} =		2564	2564
PU _{Agregado} [Kg/m ³] =		1655	1764
% Vacíos [%] =		35.46 %	31.21 %

➔ PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO RCD: ASTM C 29

⤴ PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO RCD ASTM C 29				
Datos del recipiente				
Peso del Recipiente (Tara):	$P_{\text{Recipiente}} [\text{g}] =$	6421		
Volumen del Recipiente:	$V_{\text{Recipiente}} [\text{cm}^3] =$	14337		
Datos del Peso Unitario SUELTO:		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Recipiente + Muestra Suelta:	$P_{\text{Recipiente + Muestra Suelta}} [\text{g}] =$	23998	24089	24116
Peso de la Muestra Suelta:	$P_{\text{Muestra Suelta}} [\text{g}] =$	17577	17668	17695
Peso Unitario Suelto:	$\text{PUS} [\text{g}/\text{cm}^3] =$	1.226	1.232	1.234
Peso Unitario Suelto:	$\text{PUS} [\text{Kg}/\text{m}^3] =$	1226	1232	1234
Peso Unitario Suelto:	$\text{PUS}_{\text{prom}} [\text{Kg}/\text{m}^3] =$	1231		
Datos del Peso Unitario COMPACTADO:		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Recipiente + Muestra Compactada:	$P_{\text{Recipiente + Muestra Compactada}} [\text{g}] =$	25031	25043	25075
Peso de la Muestra Compactada:	$P_{\text{Muestra Compactada}} [\text{g}] =$	18610	18622	18654
Peso Unitario Compactado:	$\text{PUC} [\text{g}/\text{cm}^3] =$	1.298	1.299	1.301
Peso Unitario Compactado:	$\text{PUC} [\text{Kg}/\text{m}^3] =$	1298	1299	1301
Peso Unitario Suelto:	$\text{PUC}_{\text{prom}} [\text{Kg}/\text{m}^3] =$	1299		

⤴ PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO RCD

PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO RCD			
Agregado:	RCD		
	Estado:	Suelto	Compactado
$G_s [] =$		2.11	2.11
$\text{PU}_{\text{Agua}} [\text{Kg}/\text{m}^3] =$		997.79	997.79
$G_s * \text{PU}_{\text{Agua}} =$		2105	2105
$\text{PU}_{\text{Agregado}} [\text{Kg}/\text{m}^3] =$		1231	1299
% Vacíos [%] =		41.53 %	38.30 %

➔ MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 - AGREGADO GRUESO NATURAL: ASTM C

177

MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 - AGREGADO GRUESO NATURAL: ASTM C 177			
Datos para el Tamiz Nº 200:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Inicial:	$P [\text{g}] =$	2570.1	2594.2
Peso Final:	$R [\text{g}] =$	2550.2	2572
Peso Material Fino:	$d [\text{g}] =$	19.9	22.20
Porcentaje mas Fino o Pérdida:	$D [\%] =$	0.77	0.86
Desgaste Promedio:	$D_{\text{prom}} [\%] =$	0.82	
Limites:		<1%	

➔ MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 - AGREGADO FINO NATURAL: ASTM C 177

MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 - AGREGADO FINO NATURAL: ASTM C 177			
Datos para el Tamiz N° 200:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Inicial:	P [g] =	561.70	541.1
Peso Final:	R [g] =	543.70	521.8
Peso Material Fino:	d [g] =	18.00	19.30
Porcentaje mas Fino o Pérdida:	D [%] =	3.20	3.57
Desgaste Promedio:	D_{prom} [%] =		3.39
Limites:			<3%

➔ MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 - AGREGADO RCD: ASTM C 177

MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 - AGREGADO RCD: ASTM C 177			
Datos para el Tamiz N° 200:		Muestra 1	Muestra 2
Peso Inicial:	P [g] =	2560.50	2574.2
Peso Final:	R [g] =	2507.40	2521.9
Peso Material Fino:	d [g] =	53.10	52.30
Porcentaje mas Fino o Pérdida:	D [%] =	2.07	2.03
Desgaste Promedio:	D_{prom} [%] =		2.05
Limites:			<1%

➔ DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO NATURAL CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES: ASTM C

131

DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO NATURAL CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES: ASTM C-131				
Número de esferas a colocarse para 500 [r.p.m]				
Gradación:	A	B	C	D
Carga abrasiva:	12	11	8	6
		Muestra 1		Muestra 2
Nº	Pasado Tamiz	Retenido Tamiz	Cantidad [g]	Cantidad [g]
1	1 1/2"	1 "	-	-
2	1 "	3/4"	-	-
3	3/4"	1/2"	2500.0	2500.0
4	1/2"	3/8"	2500.0	2500.0
	Peso total:	P [g] =	5000.0	5000.0
	Retenido Tamiz # 12:	R [g] =	4117.5	4032.7
	Diferencia: D = P - R:	d [g] =	882.5	967.3
	Desgaste: D = (d / P) · 100:	D [%] =	17.65 %	19.35 %
	Desgaste Promedio	D_{prom} [%] =		18.50 %

➔ **DESGASTE DEL AGREGADO RCD CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES: ASTM C 131**

DESGASTE DEL AGREGADO RCD CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES: ASTM C-131				
Número de esferas a colocarse para 500 [r.p.m]				
Gradación:	A	B	C	D
Carga abrasiva:	12	11	8	6
		Muestra 1		Muestra 2
Nº	Pasado	Retenido	Cantidad	Cantidad
	Tamiz	Tamiz	[g]	[g]
1	1"	3/4"	-	-
2	3/4"	1/2"	-	-
3	1/2"	3/8"	2500.0	2500.0
4	3/8"	# 4	2500.0	2500.0
Peso total:		P [g] =	5000.0	5000.0
Retenido Tamiz # 12:		R [g] =	3492.5	3513.9
Diferencia: D = P - R:		d [g] =	1507.5	1486.1
Desgaste: D = (d / P) · 100:		D [%] =	30.15 %	29.72 %
Desgaste Promedio		D_{prom} [%] =	29.94 %	

➔ **PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL**

PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL - MUESTRA 1							
Material		Porcentaje	Peso Inicial de la	Peso de Partículas	% Partículas	% Partículas	Observaciones
Pasa	Retenido	Retenido	muestra	planas y alargadas	Irregulares	Corregido	
		[%]	[g]	[g]	[%]	[%]	
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	
1"	3/4"	-	-	-	-	-	
3/4"	1/2"	28.53	712.8	126.4	17.73 %	5.06 %	
1/2"	3/8"	28.25	302.4	72.2	23.88 %	6.74 %	
3/8"	# 4	43.23	260.8	74.6	28.60 %	12.36 %	
Total:		100.0	1276.0	273.2	70.21 %	24.17 %	>15%
PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL - MUESTRA 2							
Material		Porcentaje	Peso Inicial de la	Peso de Partículas	% Partículas	% Partículas	Observaciones
Pasa	Retenido	Retenido	muestra	planas y alargadas	Irregulares	Corregido	
		[%]	[g]	[g]	[%]	[%]	
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	
1"	3/4"	-	-	-	-	-	
3/4"	1/2"	28.6	703.4	124.1	17.64 %	5.04 %	
1/2"	3/8"	27.9	314.1	68.5	21.81 %	6.08 %	
3/8"	# 4	43.5	258.4	69.1	26.74 %	11.65 %	
Total:		100.0	1275.9	261.7	66.19 %	22.77 %	>15%

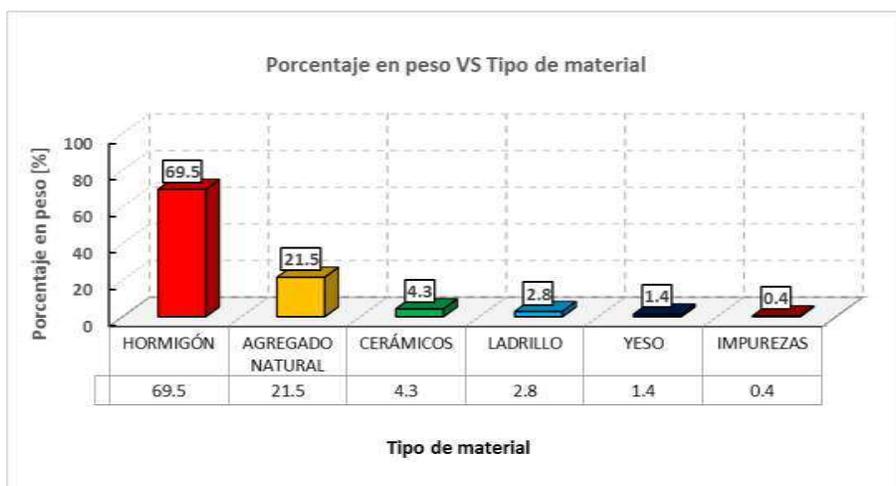
➔ **PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO NATURAL**

PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO RCD - MUESTRA 1							
Material		Porcentaje Retenido [%]	Peso Inicial de la muestra [g]	Peso de Partículas planas y alargadas [g]	% Partículas Irregulares [%]	% Partículas Corregido [%]	Observaciones
Pasa	Retenido						
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	
1 "	3/4"	-	-	-	-	-	
3/4"	1/2"	3.9					
1/2"	3/8"	26.7	300.6	57.2	19.03 %	5.07 %	
3/8"	# 4	69.4	250.9	28.9	11.52 %	8.00 %	
Total:		100.0	551.5	86.1	30.55 %	13.07 %	<15%

PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO RCD - MUESTRA 2							
Material		Porcentaje Retenido [%]	Peso Inicial de la muestra [g]	Peso de Partículas planas y alargadas [g]	% Partículas Irregulares [%]	% Partículas Corregido [%]	Observaciones
Pasa	Retenido						
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	
1 "	3/4"	-	-	-	-	-	
3/4"	1/2"	3.8					
1/2"	3/8"	27.7	300.8	66.8	22.21 %	6.14 %	
3/8"	# 4	68.5	250.9	32.4	12.91 %	8.85 %	
Total:		100.0	551.7	99.2	35.12 %	14.99 %	<15%

➔ **COMPOSICIÓN REFERENCIAL Y CIRCUNSTANCIAL DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)**

COMPOSICIÓN REFERENCIAL DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)					
	Muestra N°		Porcentaje en peso [%]		
	1	2	1	2	Promedio
m ₀ =	2057.3	2094.2			
Hormigón	1424.8	1460.3	69.29	69.80	69.5
Agregado natural	443.1	450.2	21.55	21.52	21.5
Cerámicos	88.4	88.3	4.30	4.22	4.3
Ladrillo	61.1	56.4	2.97	2.70	2.8
Yeso	30.3	28.2	1.47	1.35	1.4
Impurezas	8.5	8.5	0.42	0.41	0.4
Total	2056.2	2092.0	100.0	100.0	100.0



6.2. DOSIFICACIONES GRAVIMÉTRICAS

↪ RÉPLICA N° 1: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 0

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	1		Código:	300 - 0% - 1		Fecha:	jueves, 5 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUC [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava 1 [g]	Grava 2 [g]	Arena 1 [g]	Arena 2 [g]		
Agua	—	—	1.000	1000		Peso rec	107.4	115.1	103.3	122.3	
Cemento	—	—	3.010	1407		Peso rec + hum	702.2	720.9	452.3	475.4	
Grava	2.302	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	688.5	707.6	442.8	465.9	
Arena	2.782	1.468	2.564	1764	1655	% Humedad	2.358	2.245	2.798	2.765	
		Aire	0.96								
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	207.57	5293.08	4940.48	4940.5	5293.1	5.29	209.21	207.21	0.207		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	302.36	299.47	0.099		
Grava	969.60	24724.80	25293.96	25294.0	24724.8	9.53	967.90	967.90	0.373		
Arena	793.31	20229.51	20792.29	20792.0	20229.2	7.89	784.33	791.91	0.309		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.011		
TOTAL	2270.49	57897.39	58676.74	58676.48	57897.13	25.26	2263.80	2266.50	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.692						a/c = 0.692	a/c = 0.692			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18320					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2297.0					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		1.13					
				Aire (asumido) : [%]		1.13					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	31.8	172.2	21.4		3808.9	20.1	2355	
2	5-may.-22	12-may.-22	7	31.8	170.0	21.1	21.1	4014.8	19.7	2533	2422
3			7	32.0	168.3	20.7		3797.2	19.6	2377	
4			28	31.7	216.3	27.0		3770.8	19.8	2382	
5	5-may.-22	2-jun.-22	28	31.8	214.6	26.7	26.8	3786.3	19.7	2388	2389
6			28	32.7	227.9	26.8		4020.6	19.7	2398	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 0

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	2		Código:	300 - 0% - 2		Fecha:	miércoles, 11 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava 1 [g]	Grava 2 [g]	Arena 1 [g]	Arena 2 [g]		
Agua	—	—	1.000	1000		Peso rec	97.4	115.1	115.2	122.4	
Cemento	—	—	3.010	1407		Peso rec + hum	681.0	688.9	474.6	489.3	
Grava	2.343	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	667.5	675.9	466.4	481.0	
Arena	2.325	1.468	2.564	1764	1655	% Humedad	2.368	2.318	2.335	2.315	
		Aire	0.96								
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	207.57	5293.08	5022.79	5022.8	5293.1	5.29	207.12	207.12	0.207		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	299.34	299.34	0.099		
Grava	969.60	24724.80	25304.10	25304.0	24724.7	9.53	967.47	967.47	0.373		
Arena	793.31	20229.51	20699.84	20700.0	20229.7	7.89	791.59	791.58	0.309		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.012		
TOTAL	2270.49	57897.39	58676.74	58676.79	57897.44	25.26	2265.51	2265.51	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.692						a/c = 0.692	a/c = 0.692			
HORMIGÓN FRESCO											
	Vrevoltura : [L]	25.5					P (horm+recip) : [g]	18309			
	Vreal (producido) : [L]	25.6					Peso recip : [g]	2355.0			
	AS (buscado) : [cm]	7.0					Vol recip : [cm ³]	6950.0			
	AS (obtenido) : [cm]	7.0					PU horm : [kg/m ³]	2296.0			
	Agua sob/aum : [g]	0.0					Rendimiento : [L]	25.6			
							Aire (calculado) : [%]	1.17			
							Aire (asumido) : [%]	1.17			
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	31.8	159.1	19.8		3784.9	19.7	2388	
2	11-may.-22	18-may.-22	7	32.1	168.1	20.5	20.5	3739.8	19.4	2351	2368
3			7	32.0	171.6	21.1		3756.4	19.5	2364	
4			28	31.9	194.8	24.1		3734.7	19.5	2365	
5	11-may.-22	8-jun.-22	28	32.0	219.2	26.9	25.9	3774.1	19.4	2387	2386
6			28	32.6	225.0	26.6		3967.5	19.5	2406	

➔ RÉPLICA N° 3: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 0

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN												
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	3		Código:	300 - 0% - 3		Fecha:	jueves, 12 de mayo de 2022		
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS						
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava 1 [g]	Grava 2 [g]	Arena 1 [g]	Arena 2 [g]			
Agua	—	—	1.000	1000		Peso rec	113.1	103.3	115.2	122.4		
Cemento	—	—	3.010	1407		Peso rec + hum	690.5	689.2	474.6	489.3		
Grava	2.413	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	676.3	676.0	466.4	481.0		
Arena	2.325	1.468	2.564	1764	1655	% Humedad	2.521	2.305	2.335	2.315		
		Aire	0.96									
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA												
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones		
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]			
Agua	207.57	5293.08	5005.48	5005.5	5293.1	5.29	208.39	207.39	0.207			
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	301.18	299.73	0.100			
Grava	969.60	24724.80	25321.41	25321.0	24724.4	9.53	968.73	968.73	0.373			
Arena	793.31	20229.51	20699.84	20700.0	20229.7	7.89	788.83	792.62	0.309			
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.010			
TOTAL	2270.49	57897.39	58676.74	58676.48	57897.14	25.26	2267.12	2268.47	1.000			
	a/c						a/c	a/c				
	a/c = 0.692						a/c = 0.692	a/c = 0.692				
HORMIGÓN FRESCO												
Vrevoltura : [L]			25.5			P (horm+recip) : [g]			18331.0			
Vreal (producido) : [L]			25.5			Peso recip : [g]			2355.0			
AS (buscado) : [cm]			7.0			Vol recip : [cm ³]			6950.0			
AS (obtenido) : [cm]			6.5			PU horm : [kg/m ³]			2299.0			
Agua sob/aum : [g]			0.0			Rendimiento : [L]			25.5			
						Aire (calculado) : [%]			1.05			
						Aire (asumido) : [%]			1.05			
HORMIGÓN ENDURECIDO												
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]		
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio	
1			7	32.0	163.5	20.1		3810.1	19.8	2361		
2	12-may.-22	19-may.-22	7	32.0	156.5	19.2	19.8	3785.6	19.6	2370	2378	
3			7	31.8	161.5	20.1		3808.9	19.7	2403		
4			28	31.7	200.0	25.0		3746.2	19.3	2427		
5	12-may.-22	9-jun.-22	28	32.9	210.1	24.4	24.7	4064.2	19.7	2395	2408	
6			28	31.8	198.0	24.6		3827.5	19.8	2402		

➔ RÉPLICA N° 1: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 20

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	1		Código:	300 - 20% - 1		Fecha:	miércoles, 27 de abril de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	105.4	115.0	123.3		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	641.5	666.5	476.0		
Grava	2.852	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	626.9	603.2	461.9		
RCD	12.538	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.800	12.966	4.164		
Arena	4.130	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	118.9	84.4	126.6		
		Aire	0.84			Peso rec + hum	689.5	672.3	477.4		
		% RCD	20			Peso rec + seco	673.4	608.8	463.6		
						% Humedad N° 2	2.904	12.109	4.095		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	213.19	5436.29	4629.31	4629.3	5436.3	5.44	214.99	212.99	0.213		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	302.54	299.73	0.100		
Grava	751.44	19161.72	19708.21	19708.0	19161.5	7.39	750.75	750.75	0.289		
RCD	187.86	4790.43	5391.05	5391.0	4790.4	2.28	187.69	187.69	0.089		
Arena	768.50	19596.84	20406.19	20406.0	19596.7	7.64	760.29	767.80	0.299		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.009		
TOTAL	2220.99	56635.28	57784.76	57784.31	56634.84	25.29	2216.26	2218.96	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.711						a/c = 0.711	a/c = 0.711			
HORMIGÓN FRESCO											
V revoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18088					
V real (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2264					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.93					
				Aire (asumido) : [%]		0.93					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio
1			7	31.8	164.1	20.4		3705.3	19.8	2325	
2	27-abr.-22	4-may.-22	7	32.2	169.2	20.5	20.2	3746.1	19.7	2305	2315
3			7	32.0	160.8	19.7		3734.4	19.8	2315	
4			28	31.9	199.6	24.6		3694.9	19.5	2340	
5	27-abr.-22	25-may.-22	28	32.0	197.8	24.3	24.6	3723.9	19.5	2344	2341
6			28	31.9	201.2	24.8		3692.6	19.5	2338	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 20

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: RCD		Revoltura N°: 2		Código: 300 - 20% - 2		Fecha: jueves, 5 de mayo de 2022					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	107.4	123.4	103.3		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	702.2	684.2	452.3		
Grava	2.302	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	688.5	621.2	442.8		
RCD	13.242	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.358	12.656	2.798		
Arena	2.782	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	115.1	118.9	122.3		
		Aire	0.84			Peso rec + hum	720.9	677.0	475.4		
		% RCD	20			Peso rec + seco	707.6	609.2	465.9		
						% Humedad N° 2	2.245	13.828	2.765		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	213.19	5436.29	4965.14	4965.1	5436.3	5.44	211.46	213.46	0.213		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	297.57	300.39	0.100		
Grava	751.44	19161.72	19602.82	19603.0	19161.9	7.39	752.41	752.41	0.290		
RCD	187.86	4790.43	5424.78	5425.0	4790.6	2.28	188.11	188.11	0.089		
Arena	768.50	19596.84	20142.03	20142.0	19596.8	7.64	777.01	769.49	0.300		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.007		
TOTAL	2220.99	56635.28	57784.76	57785.14	56635.63	25.29	2226.57	2223.86	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.711						a/c = 0.711	a/c = 0.711			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18127					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		8.0		PU horm : [kg/m ³]		2269					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.71					
				Aire (asumido) : [%]		0.71					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.0	158.5	19.5		3728.5	19.7	2323	
2	5-may.-22	12-may.-22	7	32.1	167.6	20.4	19.8	3721.8	19.6	2316	2331
3			7	31.9	157.9	19.5		3735.9	19.6	2354	
4			28	31.7	197.3	24.7		3702.8	19.5	2375	
5	5-may.-22	2-jun.-22	28	31.6	187.7	23.6	24.1	3732.0	19.6	2396	2380
6			28	31.7	192.5	24.1		3673.9	19.4	2368	

➔ RÉPLICA N° 3: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 20

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: <u>RCD</u>		Revoltura N°: <u>3</u>		Código: <u>300 - 20% - 3</u>		Fecha: <u>miércoles, 11 de mayo de 2022</u>					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	97.4	114.7	115.2		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	681.0	704.4	474.6		
Grava	2.343	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	667.5	633.5	466.4		
RCD	13.431	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.368	13.666	2.335		
Arena	2.325	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	115.1	145.2	122.4		
		Aire	0.84			Peso rec + hum	688.9	698.5	489.3		
		% RCD	20			Peso rec + seco	675.9	634.0	481.0		
						% Humedad N° 2	2.318	13.196	2.315		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	213.19	5436.29	5037.78	5037.8	5436.3	5.44	215.37	213.37	0.213		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	303.07	300.26	0.100		
Grava	751.44	19161.72	19610.68	19611.0	19162.0	7.39	752.09	752.09	0.290		
RCD	187.86	4790.43	5433.83	5434.0	4790.6	2.28	188.03	188.03	0.089		
Arena	768.50	19596.84	20052.47	20052.0	19596.4	7.64	761.63	769.14	0.300		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.008		
TOTAL	2220.99	56635.28	57784.76	57784.78	56635.29	25.29	2220.18	2222.88	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.711						a/c = 0.711	a/c = 0.711			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18118					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2268					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.75					
				Aire (asumido) : [%]		0.75					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio
1			7	31.8	146.6	18.2		3727.0	19.5	2375	
2	11-may.-22	18-may.-22	7	32.1	159.6	19.5	19.0	3716.9	19.3	2349	
3			7	32.8	164.2	19.2		3960.5	19.4	2385	
4			28	31.5	186.2	23.6		3737.8	19.8	2391	
5	11-may.-22	8-jun.-22	28	31.7	193.4	24.2	24.0	3748.4	19.5	2404	
6			28	31.8	194.8	24.2		3794.4	19.7	2393	

➔ RÉPLICA N° 1: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 35

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	1		Código:	300 - 35% - 1		Fecha:	miércoles, 4 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	113.2	104.0	138.3		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	686.1	688.2	506.9		
Grava	2.830	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	670.5	617.9	497.1		
RCD	13.376	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.799	13.680	2.731		
Arena	2.743	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	119.2	123.3	110.2		
		Aire	0.73			Peso rec + hum	716.2	711.5	472.1		
		% RCD	35			Peso rec + seco	699.6	643.5	462.4		
						% Humedad N° 2	2.860	13.072	2.754		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	215.63	5498.66	4857.90	4857.9	5498.7	5.50	217.63	215.63	0.216		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	302.78	300.00	0.100		
Grava	598.06	15250.49	15682.08	15682.0	15250.4	5.88	598.05	598.05	0.231		
RCD	322.03	8211.80	9310.21	9310.0	8211.6	3.91	322.02	322.02	0.153		
Arena	752.79	19196.26	19722.82	19723.0	19196.4	7.49	745.29	752.79	0.294		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.007		
TOTAL	2188.52	55807.21	57223.01	57222.90	55807.12	25.31	2185.76	2188.48	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.719						a/c = 0.719	a/c = 0.719			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17952					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2244					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.74					
				Aire (asumido) : [%]		0.74					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	31.8	146.5	18.2		3653.7	19.6	2317	
2	4-may.-22	11-may.-22	7	32.0	151.7	18.6	18.4	3707.6	19.5	2333	2329
3			7	31.9	150.2	18.5		3728.0	19.7	2337	
4			28	31.7	188.7	23.6		3723.3	19.8	2352	
5	4-may.-22	1-jun.-22	28	31.9	191.8	23.7	24.0	3749.6	19.7	2350	2342
6			28	31.7	197.4	24.7		3642.0	19.6	2324	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 35

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: RCD		Revoltura N°: 2		Código: 300 - 35% - 2		Fecha: viernes, 6 de mayo de 2022					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	122.4	145.2	97.4		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	680.3	714.6	494.7		
Grava	2.082	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	669.3	647.9	483.6		
RCD	13.246	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.011	13.268	2.874		
Arena	2.802	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	115.1	114.6	115.2		
		Aire	0.73			Peso rec + hum	713.2	696.0	487.9		
		% RCD	35			Peso rec + seco	700.6	628.1	478.0		
						% Humedad N° 2	2.152	13.223	2.729		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	215.63	5498.66	4971.32	4971.3	5498.7	5.50	216.11	216.11	0.216		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	300.66	300.66	0.100		
Grava	598.06	15250.49	15568.01	15568.0	15250.5	5.88	599.38	599.38	0.231		
RCD	322.03	8211.80	9299.54	9300.0	8212.2	3.91	322.76	322.76	0.154		
Arena	752.79	19196.26	19734.14	19734.0	19196.1	7.49	754.44	754.45	0.294		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.005		
TOTAL	2188.52	55807.21	57223.01	57223.32	55807.49	25.31	2193.34	2193.35	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.719						a/c = 0.719	a/c = 0.719			
HORMIGÓN FRESCO											
V revoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17988					
V real (producido) : [L]		25.4		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		7.0		PU horm : [kg/m ³]		2249					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.4					
				Aire (calculado) : [%]		0.51					
				Aire (asumido) : [%]		0.52					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio
1			7	31.8	151.3	18.8		3709.5	19.6	2352	
2	6-may.-22	13-may.-22	7	31.8	155.2	19.3	18.7	3700.9	19.7	2335	
3			7	31.9	145.0	17.9		3686.4	19.6	2323	
4			28	31.7	173.4	21.7		3736.7	19.7	2372	
5	6-may.-22	3-jun.-22	28	31.9	200.6	24.8	23.0	3707.7	19.5	2348	
6			28	32.0	184.0	22.6		3710.4	19.5	2335	

➔ RÉPLICA N° 3: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 35

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: <u>RCD</u>		Revoltura N°: <u>3</u>		Código: <u>300 - 35% - 3</u>		Fecha: <u>martes, 10 de mayo de 2022</u>					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	115.2	145.2	114.7		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	662.0	716.6	479.8		
Grava	2.394	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	649.6	647.0	471.1		
RCD	13.661	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.320	13.870	2.441		
Arena	2.381	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	97.4	115.0	122.4		
		Aire	0.73			Peso rec + hum	679.0	686.0	475.1		
		% RCD	35			Peso rec + seco	665.0	618.3	467.1		
						% Humedad N° 2	2.467	13.451	2.321		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	215.63	5498.66	4970.48	4970.5	5498.7	5.50	215.82	215.82	0.216		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	300.26	300.26	0.100		
Grava	598.06	15250.49	15615.59	15616.0	15250.9	5.88	598.59	598.59	0.231		
RCD	322.03	8211.80	9333.62	9334.0	8212.1	3.91	322.32	322.32	0.153		
Arena	752.79	19196.26	19653.33	19653.0	19195.9	7.49	753.44	753.43	0.294		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.006		
TOTAL	2188.52	55807.21	57223.01	57223.48	55807.65	25.31	2190.44	2190.43	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.719						a/c = 0.719	a/c = 0.719			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17965					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		7.0		PU horm : [kg/m ³]		2246					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.65					
				Aire (asumido) : [%]		0.65					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	31.9	151.4	18.7		3663.1	19.3	2344	
2	10-may.-22	17-may.-22	7	31.8	147.6	18.3	18.3	3691.7	19.6	2341	2333
3			7	32.9	153.7	17.8		3907.7	19.6	2315	
4			28	31.9	193.7	23.9		3673.2	19.3	2350	
5	10-may.-22	7-jun.-22	28	32.0	195.8	24.0	23.5	3727.6	19.5	2346	2344
6			28	31.8	182.3	22.7		3683.2	19.6	2335	

➔ RÉPLICA N° 1: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 50

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	1		Código:	300 - 50% - 1		Fecha:	lunes, 30 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	123.4	114.9	106.7		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	712.1	706.7	481.9		
Grava	3.718	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	690.5	642.4	470.2		
RCD	12.472	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	3.809	12.190	3.219		
Arena	3.142	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	118.0	104.8	84.4		
		Aire	0.92			Peso rec + hum	726.5	671.5	447.6		
		% RCD	50			Peso rec + seco	705.2	607.4	436.8		
						% Humedad N° 2	3.627	12.754	3.065		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	217.69	5551.22	4773.37	4773.4	5551.2	5.55	219.38	218.38	0.218		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	302.32	300.94	0.100		
Grava	449.10	11452.05	11877.84	11878.0	11452.2	4.41	450.51	450.51	0.174		
RCD	449.10	11452.05	12880.35	12880.0	11451.7	5.45	450.50	450.50	0.214		
Arena	734.88	18739.37	19328.16	19328.0	18739.2	7.31	733.44	737.17	0.288		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.006		
TOTAL	2150.77	54844.68	56509.71	56509.37	54844.37	25.26	2156.14	2157.50	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.726						a/c = 0.726	a/c = 0.726			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17805					
Vreal (producido) : [L]		25.4		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.5		PU horm : [kg/m ³]		2223					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.4					
				Aire (calculado) : [%]		0.61					
				Aire (asumido) : [%]		0.61					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.0	139.5	17.1		3616.2	19.3	2299	
2	30-may.-22	6-jun.-22	7	32.0	146.0	17.9	17.9	3637.8	19.3	2313	2307
3			7	31.9	150.6	18.6		3665.0	19.6	2309	
4			28	31.7	181.8	22.7		3676.0	19.7	2333	
5	30-may.-22	27-jun.-22	28	32.0	183.3	22.5	22.7	3642.2	19.8	2257	2316
6			28	31.6	182.0	22.9		3730.4	19.9	2359	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 50

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: <u>RCD</u>		Revoltura N°: <u>2</u>		Código: <u>300 - 50% - 2</u>		Fecha: <u>miércoles, 11 de mayo de 2022</u>					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	97.4	114.7	115.2		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	681.0	704.4	474.6		
Grava	2.343	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	667.5	633.5	466.4		
RCD	13.431	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.368	13.666	2.335		
Arena	2.325	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	115.1	145.2	122.4		
		Aire	0.92			Peso rec + hum	688.9	698.5	489.3		
		% RCD	50			Peso rec + seco	675.9	634.0	481.0		
						% Humedad N° 2	2.318	13.196	2.315		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	217.69	5551.22	4974.11	4974.1	5551.2	5.55	217.08	218.08	0.218		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	299.16	300.54	0.100		
Grava	449.10	11452.05	11720.37	11720.0	11451.7	4.41	449.89	449.89	0.173		
RCD	449.10	11452.05	12990.17	12990.0	11451.9	5.45	449.90	449.90	0.214		
Arena	734.88	18739.37	19175.06	19175.0	18739.3	7.31	739.93	736.19	0.287		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.007		
TOTAL	2150.77	54844.68	56509.71	56509.11	54844.10	25.26	2155.95	2154.59	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.726						a/c = 0.726	a/c = 0.726			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17786					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		7.5		PU horm : [kg/m ³]		2220					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.75					
				Aire (asumido) : [%]		0.75					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.1	139.5	17.0		3639.5	19.3	2300	
2	11-may.-22	18-may.-22	7	32.1	140.0	17.1	17.1	3623.8	19.5	2266	2292
3			7	31.9	138.7	17.1		3612.0	19.3	2311	
4			28	31.8	183.2	22.8		3627.1	19.6	2300	
5	11-may.-22	8-jun.-22	28	32.7	202.1	23.8	22.8	3909.0	19.4	2368	2329
6			28	31.9	176.5	21.8		3660.8	19.5	2318	

➔ RÉPLICA N° 3: C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 50

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	3		Código:	300 - 50% - 3		Fecha:	martes, 24 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	113.2	104.0	138.3		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	686.1	688.2	506.9		
Grava	2.830	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	670.5	617.9	497.1		
RCD	13.376	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.799	13.680	2.731		
Arena	2.743	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	119.2	123.3	110.2		
		Aire	0.92			Peso rec + hum	716.2	711.5	472.1		
		% RCD	50			Peso rec + seco	699.6	643.5	462.4		
						% Humedad N° 2	2.860	13.072	2.754		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	217.69	5551.22	4846.30	4846.3	5551.2	5.55	219.89	217.89	0.218		
Cemento	300.00	7650.00	7650.00	7650.0	7650.0	2.54	303.02	300.26	0.100		
Grava	449.10	11452.05	11776.14	11776.0	11451.9	4.41	449.49	449.49	0.173		
RCD	449.10	11452.05	12983.88	12984.0	11452.2	5.45	449.50	449.50	0.214		
Arena	734.88	18739.37	19253.39	19253.0	18739.0	7.31	728.04	735.51	0.287		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.008		
TOTAL	2150.77	54844.68	56509.71	56509.30	54844.27	25.26	2149.94	2152.65	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.726						a/c = 0.726	a/c = 0.726			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17773					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2218					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.84					
				Aire (asumido) : [%]		0.84					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio
1			7	32.1	142.2	17.3		3587.4	19.0	2303	
2	24-may.-22	31-may.-22	7	32.9	154.2	17.9	17.8	3902.5	19.7	2300	2298
3			7	32.0	148.4	18.2		3641.7	19.5	2292	
4			28	31.8	182.0	22.6		3652.9	19.4	2340	
5	24-may.-22	21-jun.-22	28	31.7	173.1	21.6	21.6	3647.9	19.6	2327	2334
6			28	31.8	166.6	20.7		3702.3	19.7	2335	

➔ RÉPLICA N° 1: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 0

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	1		Código:	350 - 0% - 1		Fecha:	viernes, 6 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUc [kg/m ³]	Grava 1 [g]	Grava 2 [g]	Arena 1 [g]	Arena 2 [g]		
Agua	—	—	1.000	1000		Peso rec	122.4	115.1	97.4	115.2	
Cemento	—	—	3.010	1407		Peso rec + hum	680.3	713.2	494.7	487.9	
Grava	2.082	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	669.3	700.6	483.6	478.0	
Arena	2.802	1.468	2.564	1764	1655	% Humedad	2.011	2.152	2.874	2.729	
		Aire	0.75								
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	209.87	5351.74	5056.96	5057.0	5351.7	5.35	209.87	209.87	0.210		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	350.00	350.00	0.116		
Grava	945.65	24114.08	24616.13	24616.0	24113.9	9.30	945.64	945.64	0.365		
Arena	773.70	19729.42	20282.24	20282.0	19729.2	7.69	773.70	773.69	0.302		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.008		
TOTAL	2279.22	58120.23	58880.32	58879.96	58119.87	25.31	2279.20	2279.20	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.600						a/c = 0.600	a/c = 0.600			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18403.0					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		7.0		PU horm : [kg/m ³]		2309.0					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.76					
				Aire (asumido) : [%]		0.76					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.0	210.0	25.8		3764.3	19.8	2333	
2	6-may.-22	13-may.-22	7	33.0	213.8	24.7	25.6	4054.7	19.9	2351	2351
3			7	32.0	213.7	26.2		3726.0	19.3	2369	
4			28	31.9	263.5	32.5		3696.0	19.4	2353	
5	6-may.-22	3-jun.-22	28	31.9	270.5	33.4	33.1	3788.7	19.5	2399	2386
6			28	31.6	265.9	33.5		3823.6	20.0	2406	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 0

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: <u>RCD</u>		Revoltura N°: <u>2</u>		Código: <u>350 - 0% - 2</u>		Fecha: <u>martes, 10 de mayo de 2022</u>					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUc [kg/m ³]	Grava 1 [g]	Grava 2 [g]	Arena 1 [g]	Arena 2 [g]		
Agua	—	—	1.000	1000		Peso rec	115.2	97.4	114.7	122.4	
Cemento	—	—	3.010	1407		Peso rec + hum	662.0	679.0	479.8	475.1	
Grava	2.394	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	649.6	665.0	471.1	467.1	
Arena	2.381	1.468	2.564	1764	1655	% Humedad	2.320	2.467	2.441	2.321	
		Aire	0.75								
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	209.87	5351.74	5064.78	5064.8	5351.7	5.35	209.05	209.05	0.209		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	348.63	348.63	0.116		
Grava	945.65	24114.08	24691.37	24691.0	24113.7	9.30	941.95	941.95	0.363		
Arena	773.70	19729.42	20199.18	20199.0	19729.2	7.69	770.68	770.68	0.301		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.011		
TOTAL	2279.22	58120.23	58880.32	58879.78	58119.70	25.31	2270.31	2270.31	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.600						a/c = 0.600	a/c = 0.600			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]			25.5			P (horm+recip) : [g]			18339.0		
Vreal (producido) : [L]			25.6			Peso recip : [g]			2355.0		
AS (buscado) : [cm]			7.0			Vol recip : [cm ³]			6950.0		
AS (obtenido) : [cm]			7.0			PU horm : [kg/m ³]			2300.0		
Agua sob/aum : [g]			0.0			Rendimiento : [L]			25.6		
						Aire (calculado) : [%]			1.14		
						Aire (asumido) : [%]			1.14		
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.0	218.3	26.8		3725.7	19.3	2369	
2	10-may.-22	17-may.-22	7	31.9	217.2	26.8	26.7	3710.8	19.3	2374	2375
3			7	31.8	214.3	26.6		3794.2	19.8	2381	
4			28	31.8	268.7	33.4		3731.8	19.5	2378	
5	10-may.-22	7-jun.-22	28	31.8	274.6	34.1	33.9	3794.9	19.7	2394	2394
6			28	31.7	273.4	34.2		3854.9	20.0	2410	

➔ RÉPLICA N° 3: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 0

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: <u>RCD</u>		Revoltura N°: <u>3</u>		Código: <u>350-0%-3</u>		Fecha: <u>jueves, 12 de mayo de 2022</u>					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUc [kg/m ³]	Grava 1 [g]	Grava 2 [g]	Arena 1 [g]	Arena 2 [g]		
Agua	—	—	1.000	1000		Peso rec	113.1	103.3	115.2	122.4	
Cemento	—	—	3.010	1407		Peso rec + hum	690.5	689.2	474.6	489.3	
Grava	2.413	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	676.3	676.0	466.4	481.0	
Arena	2.325	1.468	2.564	1764	1655	% Humedad	2.521	2.305	2.335	2.315	
		Aire	0.75								
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	209.87	5351.74	5071.25	5071.25	5351.74	5.35	211.14	209.14	0.209		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.00	8925.00	2.97	352.12	348.78	0.116		
Grava	945.65	24114.08	24695.95	24696.00	24114.13	9.30	942.36	942.37	0.363		
Arena	773.70	19729.42	20188.13	20188.00	19729.29	7.69	763.04	771.01	0.301		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.011		
TOTAL	2279.22	58120.23	58880.32	58880.25	58120.16	25.31	2268.67	2271.30	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.600						a/c = 0.600	a/c = 0.600			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18345.0					
Vreal (producido) : [L]		25.6		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2301.0					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.6					
				Aire (calculado) : [%]		1.10					
				Aire (asumido) : [%]		1.10					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	31.8	198.4	24.7		3779.2	19.7	2384	
2	12-may.-22	19-may.-22	7	31.9	194.4	24.0	24.6	3666.4	19.0	2383	2382
3			7	31.9	203.0	25.1		3758.7	19.5	2380	
4			28	32.9	272.1	31.6		4019.2	19.5	2393	
5	12-may.-22	9-jun.-22	28	32.0	262.2	32.2	32.0	3814.3	19.6	2388	2394
6			28	31.9	261.9	32.3		3808.7	19.6	2400	

➔ RÉPLICA N° 1: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	1		Código:	350 - 20% - 1		Fecha:	miércoles, 27 de abril de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	105.4	115.0	123.3		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	641.5	666.5	476.0		
Grava	2.852	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	626.9	603.2	461.9		
RCD	12.538	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.800	12.966	4.164		
Arena	4.130	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	118.9	84.4	126.6		
		Aire	0.84			Peso rec + hum	689.5	672.3	477.4		
		% RCD	20			Peso rec + seco	673.4	608.8	463.6		
						% Humedad N° 2	2.904	12.109	4.095		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	217.61	5548.94	4767.04	4767.0	5548.9	5.55	217.13	217.13	0.217		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	349.23	349.23	0.116		
Grava	728.06	18565.63	19095.12	19095.0	18565.5	7.16	726.46	726.46	0.280		
RCD	182.02	4641.41	5223.35	5223.0	4641.1	2.21	181.61	181.61	0.086		
Arena	744.62	18987.68	19771.87	19772.0	18987.8	7.41	742.98	742.99	0.290		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.011		
TOTAL	2222.30	56668.66	57782.39	57782.04	56668.34	25.28	2217.41	2217.42	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.622						a/c = 0.622	a/c = 0.622			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18068					
Vreal (producido) : [L]		25.6		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		7.0		PU horm : [kg/m ³]		2261					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.6					
				Aire (calculado) : [%]		1.06					
				Aire (asumido) : [%]		1.06					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.0	195.8	24.0		3684.6	19.5	2319	
2	27-abr.-22	4-may.-22	7	31.9	196.6	24.3	24.0	3698.2	19.9	2295	2300
3			7	33.0	205.2	23.7		3920.5	19.8	2285	
4			28	31.7	249.3	31.2		3673.5	19.6	2344	
5	27-abr.-22	25-may.-22	28	31.8	248.9	30.9	30.6	3652.3	19.3	2352	2346
6			28	31.8	238.5	29.6		3673.1	19.5	2341	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: RCD		Revoltura N°: 2		Código: 350 - 20% - 2		Fecha: viernes, 29 de abril de 2022					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	123.4	114.9	106.7		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	712.1	706.7	481.9		
Grava	3.718	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	690.5	642.4	470.2		
RCD	12.472	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	3.809	12.190	3.219		
Arena	3.142	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	118.0	104.8	84.4		
		Aire	0.84			Peso rec + hum	726.5	671.5	447.6		
		% RCD	20			Peso rec + seco	705.2	607.4	436.8		
						% Humedad N° 2	3.627	12.754	3.065		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	217.61	5548.94	4796.92	4796.9	5548.9	5.55	215.61	217.61	0.218		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	346.79	350.01	0.116		
Grava	728.06	18565.63	19255.90	19256.0	18565.7	7.16	728.08	728.08	0.281		
RCD	182.02	4641.41	5220.28	5220.0	4641.2	2.21	182.01	182.01	0.087		
Arena	744.62	18987.68	19584.28	19584.0	18987.4	7.41	752.49	744.62	0.290		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.008		
TOTAL	2222.30	56668.66	57782.39	57781.92	56668.22	25.28	2224.97	2222.32	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.622						a/c = 0.622	a/c = 0.622			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18107					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		8.0		PU horm : [kg/m ³]		2266					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.84					
				Aire (asumido) : [%]		0.84					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.2	197.7	24.0		3749.5	19.8	2295	
2	29-abr.-22	6-may.-22	7	32.9	211.3	24.5	24.3	3917.5	19.5	2332	2319
3			7	32.0	198.8	24.4		3700.2	19.5	2329	
4			28	31.8	233.6	29.0		3678.8	19.5	2344	
5	29-abr.-22	27-may.-22	28	31.7	242.8	30.4	29.4	3752.2	19.8	2370	2359
6			28	31.7	229.9	28.7		3686.7	19.5	2364	

➔ **RÉPLICA N° 3: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20**

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	3		Código:	350 - 20% - 3		Fecha:	jueves, 26 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	103.4	122.7	113.8		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	687.0	702.6	460.5		
Grava	2.074	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	675.3	635.4	452.7		
RCD	13.063	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.046	13.107	2.302		
Arena	2.353	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	97.4	126.6	122.5		
		Aire	0.84			Peso rec + hum	655.9	693.5	497.4		
		% RCD	20			Peso rec + seco	644.4	628.2	488.6		
						% Humedad N° 2	2.102	13.018	2.404		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	217.61	5548.94	5224.53	5224.5	5548.9	5.55	215.61	217.61	0.218		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	346.79	350.00	0.116		
Grava	728.06	18565.63	18950.68	18951.0	18565.9	7.16	728.08	728.08	0.281		
RCD	182.02	4641.41	5247.72	5248.0	4641.7	2.21	182.03	182.03	0.087		
Arena	744.62	18987.68	19434.46	19434.0	18987.2	7.41	752.47	744.60	0.290		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.008		
TOTAL	2222.30	56668.66	57782.39	57782.53	56668.77	25.28	2224.97	2222.32	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.622						a/c = 0.622	a/c = 0.622			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		18101					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		8.0		PU horm : [kg/m ³]		2266					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.84					
				Aire (asumido) : [%]		0.84					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	31.9	203.0	25.1		3765.5	20.1	2313	
2	26-may.-22	2-jun.-22	7	31.8	188.6	23.4	24.3	3748.2	20.0	2329	2325
3			7	33.1	212.0	24.3		4007.3	19.7	2333	
4			28	31.7	245.3	30.7		3678.1	19.3	2383	
5	26-may.-22	23-jun.-22	28	31.7	256.9	32.1	31.1	3835.5	20.0	2398	2395
6			28	31.7	244.5	30.6		3748.6	19.5	2404	

➔ RÉPLICA N° 1: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 35

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: RCD		Revoltura N°: 1		Código: 350 - 35% - 1		Fecha: viernes, 6 de mayo de 2022					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	122.4	145.2	97.4		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	680.3	714.6	494.7		
Grava	2.082	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	669.3	647.9	483.6		
RCD	13.246	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.011	13.268	2.874		
Arena	2.802	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	115.1	114.6	115.2		
		Aire	0.76			Peso rec + hum	713.2	696.0	487.9		
		% RCD	35			Peso rec + seco	700.6	628.1	478.0		
						% Humedad N° 2	2.152	13.223	2.729		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	219.41	5594.84	5083.60	5083.6	5594.9	5.59	218.69	219.69	0.220		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	348.86	350.45	0.116		
Grava	579.80	14784.90	15092.72	15093.0	14785.2	5.70	580.56	580.56	0.224		
RCD	312.20	7961.10	9015.63	9016.0	7961.4	3.79	312.62	312.62	0.149		
Arena	729.83	18610.61	19132.08	19132.0	18610.5	7.26	734.70	730.77	0.285		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.006		
TOTAL	2191.23	55876.46	57249.03	57249.60	55876.99	25.31	2195.43	2194.10	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.627						a/c = 0.627	a/c = 0.627			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17978					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		7.5		PU horm : [kg/m ³]		2248					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.63					
				Aire (asumido) : [%]		0.63					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio
1			7	32.1	190.2	23.2		3713.6	19.6	2311	
2	6-may.-22	13-may.-22	7	32.0	187.0	22.9	23.4	3707.6	19.8	2298	
3			7	32.1	197.3	24.1		3713.6	19.8	2287	
4			28	31.8	243.7	30.3		3653.7	19.4	2340	
5	6-may.-22	3-jun.-22	28	31.8	231.8	28.8	30.1	3689.3	19.7	2327	
6			28	31.6	247.8	31.2		3653.9	19.6	2346	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 35

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	2		Código:	350 - 35% - 2		Fecha:	jueves, 12 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PU _s [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	113.1	154.4	115.2		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	690.5	737.2	474.6		
Grava	2.413	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	676.3	669.4	466.4		
RCD	13.077	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.521	13.165	2.335		
Arena	2.325	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	103.3	122.6	122.4		
		Aire	0.76			Peso rec + hum	689.2	689.8	489.3		
		% RCD	35			Peso rec + seco	676.0	624.6	481.0		
						% Humedad N° 2	2.305	12.988	2.315		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	219.41	5594.84	5136.89	5136.9	5594.8	5.59	217.11	219.11	0.219		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	346.33	349.52	0.116		
Grava	579.80	14784.90	15141.66	15142.0	14785.2	5.70	579.02	579.02	0.223		
RCD	312.20	7961.10	9002.17	9002.0	7960.9	3.79	311.77	311.77	0.148		
Arena	729.83	18610.61	19043.31	19043.0	18610.3	7.26	736.68	728.82	0.284		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.009		
TOTAL	2191.23	55876.46	57249.03	57248.89	55876.33	25.31	2190.91	2188.25	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.627						a/c = 0.627	a/c = 0.627			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17935					
Vreal (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		8.0		PU horm : [kg/m ³]		2242					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.90					
				Aire (asumido) : [%]		0.90					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio
1			7	32.1	193.8	23.6		3701.5	19.5	2315	
2	12-may.-22	19-may.-22	7	32.1	191.7	23.4	23.6	3648.0	19.6	2270	2293
3			7	32.0	194.3	23.8		3681.1	19.7	2293	
4			28	31.9	229.9	28.4		3651.2	19.5	2312	
5	12-may.-22	9-jun.-22	28	31.8	230.7	28.7	28.7	3670.4	19.3	2363	2319
6			28	32.0	235.4	28.9		3609.7	19.4	2283	

➔ RÉPLICA N° 3: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 35

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	3		Código:	350 - 35% - 3		Fecha:	jueves, 26 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	103.4	122.7	113.8		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	687.0	702.6	460.5		
Grava	2.074	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	675.3	635.4	452.7		
RCD	13.063	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.046	13.107	2.302		
Arena	2.353	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	97.4	126.6	122.5		
		Aire	0.76			Peso rec + hum	655.9	693.5	497.4		
		% RCD	35			Peso rec + seco	644.4	628.2	488.6		
						% Humedad N° 2	2.102	13.018	2.404		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	219.41	5594.84	5182.91	5182.9	5594.8	5.59	220.81	218.81	0.219		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	352.24	349.05	0.116		
Grava	579.80	14784.90	15091.54	15092.0	14785.4	5.70	578.24	578.24	0.223		
RCD	312.20	7961.10	9001.06	9001.0	7961.0	3.79	311.35	311.35	0.148		
Arena	729.83	18610.61	19048.52	19049.0	18611.1	7.26	720.02	727.87	0.284		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.010		
TOTAL	2191.23	55876.46	57249.03	57249.91	55877.33	25.31	2182.67	2185.32	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.627						a/c = 0.627	a/c = 0.627			
HORMIGÓN FRESCO											
V revoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17915					
V real (producido) : [L]		25.6		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2239					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.6					
				Aire (calculado) : [%]		1.03					
				Aire (asumido) : [%]		1.03					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio
1			7	32.1	186.8	22.8		3582.4	19.1	2287	
2	26-may.-22	2-jun.-22	7	31.8	190.2	23.6	23.1	3620.5	19.3	2331	2309
3			7	32.9	197.2	22.9		3840.0	19.3	2310	
4			28	31.9	229.5	28.3		3673.2	19.4	2338	
5	26-may.-22	23-jun.-22	28	31.8	220.3	27.4	27.9	3695.5	19.7	2331	2339
6			28	31.7	224.6	28.1		3680.4	19.6	2348	

➔ RÉPLICA N° 1: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 50

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo: RCD		Revoltura N°: 1		Código: 350 - 50% - 1		Fecha: viernes, 6 de mayo de 2022					
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUc [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000		1000	Peso rec	122.4	145.2	97.4		
Cemento	***	***	3.010		1407	Peso rec + hum	680.3	714.6	494.7		
Grava	2.082	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	669.3	647.9	483.6		
RCD	13.246	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.011	13.268	2.874		
Arena	2.802	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	115.1	114.6	115.2		
		Aire	0.74			Peso rec + hum	713.2	696.0	487.9		
		% RCD	50			Peso rec + seco	700.6	628.1	478.0		
						% Humedad N° 2	2.152	13.223	2.729		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	221.67	5652.59	5054.34	5054.3	5652.6	5.65	220.31	221.31	0.221		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	347.85	349.43	0.116		
Grava	436.58	11132.66	11364.44	11364.0	11132.2	4.29	435.84	435.84	0.168		
RCD	436.58	11132.66	12607.29	12607.0	11132.4	5.30	435.85	435.85	0.207		
Arena	714.39	18216.97	18727.41	18727.0	18216.6	7.10	717.12	713.21	0.278		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.009		
TOTAL	2159.21	55059.89	56678.49	56677.34	55058.78	25.31	2156.97	2155.63	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.633						a/c = 0.633	a/c = 0.633			
HORMIGÓN FRESCO											
V revoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17774					
V real (producido) : [L]		25.5		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		7.5		PU horm : [kg/m ³]		2219					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.5					
				Aire (calculado) : [%]		0.91					
				Aire (asumido) : [%]		0.91					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta N°	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.0	182.5	22.4		3635.2	19.7	2264	
2	6-may.-22	13-may.-22	7	32.2	184.9	22.4	22.4	3598.6	19.2	2272	2276
3			7	31.8	180.8	22.5		3671.7	19.9	2293	
4			28	31.8	227.4	28.3		3590.6	19.4	2300	
5	6-may.-22	3-jun.-22	28	32.8	232.3	27.1	27.8	3894.0	19.8	2297	2304
6			28	31.8	224.8	27.9		3687.8	19.8	2315	

➔ RÉPLICA N° 2: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 50

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN											
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	2		Código:	350 - 50% - 2		Fecha:	martes, 10 de mayo de 2022	
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS					
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]			
Agua	***	***	1.000	1000		Peso rec	115.2	145.2	114.7		
Cemento	***	***	3.010	1407		Peso rec + hum	662.0	716.6	479.8		
Grava	2.394	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	649.6	647.0	471.1		
RCD	13.661	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.320	13.870	2.441		
Arena	2.381	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	97.4	115.0	122.4		
		Aire	0.74			Peso rec + hum	679.0	686.0	475.1		
		% RCD	50			Peso rec + seco	665.0	618.3	467.1		
						% Humedad N° 2	2.467	13.451	2.321		
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA											
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones	
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]		
Agua	221.67	5652.59	5050.10	5050.1	5652.6	5.65	219.10	221.10	0.221		
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	345.95	349.11	0.116		
Grava	436.58	11132.66	11399.18	11399.0	11132.5	4.29	435.45	435.45	0.168		
RCD	436.58	11132.66	12653.50	12653.0	11132.2	5.30	435.44	435.44	0.207		
Arena	714.39	18216.97	18650.72	18651.0	18217.2	7.11	720.40	712.58	0.278		
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.010		
TOTAL	2159.21	55059.89	56678.49	56678.10	55059.54	25.31	2156.35	2153.69	1.000		
	a/c						a/c	a/c			
	a/c = 0.633						a/c = 0.633	a/c = 0.633			
HORMIGÓN FRESCO											
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17766					
Vreal (producido) : [L]		25.6		Peso recip : [g]		2355.0					
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0					
AS (obtenido) : [cm]		8.0		PU horm : [kg/m ³]		2217					
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.6					
				Aire (calculado) : [%]		1.00					
				Aire (asumido) : [%]		1.00					
HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia en [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario en [kg/m ³]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio
1			7	32.0	182.4	22.4		3684.4	19.8	2284	
2	10-may.-22	17-may.-22	7	31.8	186.5	23.2	22.6	3634.4	19.8	2281	2275
3			7	32.0	179.8	22.1		3627.8	19.7	2260	
4			28	31.7	225.2	28.2		3593.4	19.3	2328	
5	10-may.-22	7-jun.-22	28	31.8	222.0	27.6	28.4	3668.0	19.7	2314	2323
6			28	31.8	235.4	29.3		3690.3	19.7	2328	

➔ RÉPLICA N° 3: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 50

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN												
Grupo:	RCD		Revoltura N°:	3		Código:	350 - 50% - 3		Fecha:	martes, 24 de mayo de 2022		
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS						
Material	% Humedad [%]	% Absorción [%]	Pe	PUc [kg/m ³]	PUs [kg/m ³]	Grava [g]	RCD [g]	Arena [g]				
Agua	***	***	1.000		1000	Peso rec	113.2	104.0	138.3			
Cemento	***	***	3.010		1407	Peso rec + hum	686.1	688.2	506.9			
Grava	2.830	1.951	2.594	1639	1499	Peso rec + seco	670.5	617.9	497.1			
RCD	13.376	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad N° 1	2.799	13.680	2.731			
Arena	2.743	1.468	2.564	1764	1655	Peso rec	119.2	123.3	110.2			
		Aire	0.74			Peso rec + hum	716.2	711.5	472.1			
		% RCD	50			Peso rec + seco	699.6	643.5	462.4			
						% Humedad N° 2	2.860	13.072	2.754			
DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA												
Material	Base aprobada [kg/m ³]	Operativa _{seco} [g]	Dosificación operativa		Peso seco ejecutado [g]	Vol. absolutos materiales [L]	Dos. Ajustada por PU [kg/m ³]	Dos. Realmente Empleada		Observaciones		
			calculado [g]	ejecutado [g]				Peso [kg/m ³]	Vol. Absoluto [m ³]			
Agua	221.67	5652.59	4967.34	4967.3	5652.6	5.65	223.20	221.20	0.221			
Cemento	350.00	8925.00	8925.00	8925.0	8925.0	2.97	352.42	349.26	0.116			
Grava	436.58	11132.66	11447.72	11448.0	11132.9	4.29	435.66	435.66	0.168			
RCD	436.58	11132.66	12621.77	12622.0	11132.9	5.30	435.66	435.66	0.207			
Arena	714.39	18216.97	18716.66	18717.0	18217.3	7.11	705.08	712.89	0.278			
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	0.010			
TOTAL	2159.21	55059.89	56678.49	56679.34	55060.71	25.31	2152.01	2154.66	1.000			
	a/c						a/c	a/c				
	a/c = 0.633						a/c = 0.633	a/c = 0.633				
HORMIGÓN FRESCO												
Vrevoltura : [L]		25.5		P (horm+recip) : [g]		17768						
Vreal (producido) : [L]		25.6		Peso recip : [g]		2355.0						
AS (buscado) : [cm]		7.0		Vol recip : [cm ³]		6950.0						
AS (obtenido) : [cm]		6.0		PU horm : [kg/m ³]		2218						
Agua sob/aum : [g]		0.0		Rendimiento : [L]		25.6						
				Aire (calculado) : [%]		0.95						
				Aire (asumido) : [%]		0.95						
HORMIGÓN ENDURECIDO												
Probeta N°	Fecha de Vaciado	Ensayo	Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia en [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario en [kg/m ³]		
						Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio	
1			7	32.0	185.6	22.8		3630.0	19.4	2296		
2	24-may.-22	31-may.-22	7	32.2	180.9	21.9	21.9	3633.0	19.6	2247	2271	
3			7	33.0	182.5	21.1		3874.0	19.7	2269		
4			28	31.7	214.2	26.8		3620.8	19.7	2298		
5	24-may.-22	21-jun.-22	28	31.8	226.5	28.1	27.7	3619.8	19.4	2319	2319	
6			28	31.8	226.2	28.1		3692.6	19.6	2341		

6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

↪ ANOVA EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 7 DÍAS

RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN A 7 DÍAS EN [Mpa]							
Factor C		Factor R				Total	Media
		0	20	35	50		
300 [kg/m ³ H ^o]	1	21.1	20.2	18.4	17.9	228.6	19.1
	2	20.5	19.8	18.7	17.1		
	3	19.8	19.0	18.3	17.8		
350 [kg/m ³ H ^o]	1	25.6	24.0	23.4	22.4	286.5	23.9
	2	26.7	24.3	23.6	22.6		
	3	24.6	24.3	23.1	21.9		
1 - T _{ij}		61.4	59.0	55.4	52.8		
2 - T _{ij}		76.9	72.6	70.1	66.9		
Total		138.3	131.6	125.5	119.7	515.1	
Media		23.1	21.9	20.9	20.0		21.5

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F
Repetición	K - 1	SC _{Rep}	SC _{Rep} / GL _{Rep}	CM _{Rep} / CM _E
C (Consumo de Cemento)	I - 1	SC _C	SC _C / GL _C	CM _C / CM _E
R (% de agregado RCD)	J - 1	SC _R	SC _R / GL _R	CM _R / CM _E
Interacción CR	(I - 1) (J - 1)	SC _{CR}	SC _{CR} / GL _{CR}	CM _{CR} / CM _E
Error	(IJ - 1) (K - 1)	SC _E	SC _E / GL _E	
Total	IJK - 1	SC _{TOT}		

↪ Suma de cuadrados

$$SC_{Tot} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Y_{ijk}^2 - \frac{T_{...}^2}{IJK} ; \quad SC_{Trat} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij}^2}{K} - \frac{T_{...}^2}{IJK}$$

$$SC_C = \frac{\sum_{i=1}^I T_{i..}^2}{JK} - \frac{T_{...}^2}{IJK} ; \quad SC_R = \frac{\sum_{j=1}^J T_{.j.}^2}{IK} - \frac{T_{...}^2}{IJK} ; \quad SC_{AR} = SC_{Trat} - SC_C - SC_R$$

$$SC_{Rep} = \frac{\sum_{k=1}^K T_{...k}^2}{IK} - \frac{T_{...}^2}{IJK} ; \quad SC_E = SC_{TOT} - SC_{Trat} - SC_{Rep}$$

↪ Tabla ANOVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Fisher (F _t) α = 0.05
Repetición	2	1.58	0.79	3.59	3.74
C (Cantidad de Cemento)	1	139.68	139.68	634.91	4.60
R (% de agregado RCD)	3	31.96	10.65	48.41	3.34
Interacción CR	3	0.34	0.11	0.50	3.34
Error	14	3.14	0.22		
Total	23	176.70			

➔ DUNCAN EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 7 DÍAS

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO A 7 DÍAS (MPa)				
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]			
	0	20	35	50
300 [kg/m ³ _{H₂O}]	20.5	19.7	18.5	17.6
350 [kg/m ³ _{H₂O}]	25.6	24.2	23.4	22.3

- Ordenamos las medias de las resistencias en forma decreciente y determinamos su diferencia
- Seguidamente comparamos con el valor Rp para el nivel de confiabilidad

$$R_p = r_p * \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

- ✓ Donde r_p: se obtiene de una tabla para valores de alfa, y los grados de libertad del cuadrado medio del error p. Así formamos la siguiente tabla r_p y R_p a la edad de 7 días.

Error estandar de los promedios = 0.271				Grados de Libertad del error = 14.0			
	2	3	4	5	6	7	8
rp	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426
Rp	0.822	0.861	0.886	0.902	0.914	0.922	0.928

- ✓ Determinamos si la diferencia entre los valores obtenidos es significativa según se puede ver en la siguiente tabla (NOTA: los números en *color rojo* tienen una influencia significativa).

C.Cem-%RCD		350-20%	350-35%	350-50%	300-0%	300-20%	300-35%	300-50%
	Resist. [MPa]	24.2	23.4	22.3	20.5	19.7	18.5	17.6
350-0%	25.6	1.4	2.2	3.3	5.1	5.9	7.1	8.0
350-20%	24.2		0.8	1.9	3.7	4.5	5.7	6.6
350-35%	23.4			1.1	2.9	3.7	4.9	5.8
350-50%	22.3				1.8	2.6	3.8	4.7
300-0%	20.5					0.8	2.0	2.9
300-20%	19.7						1.2	2.1
300-35%	18.5							0.9

➔ ANOVA EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 28 DÍAS

RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN A 28 DÍAS EN [Mpa]							
Factor C		Factor R				Total	Media
		0	20	35	50		
300 [kg/m ³ H ^o]	1	26.8	24.6	24.0	22.7	287.7	24.0
	2	25.9	24.1	23.0	22.8		
	3	24.7	24.0	23.5	21.6		
350 [kg/m ³ H ^o]	1	33.1	30.6	30.1	27.8	360.7	30.1
	2	33.9	29.4	28.7	28.4		
	3	32.0	31.1	27.9	27.7		
1 - T _{ij.}		77.4	72.7	70.5	67.1		
2 - T _{ij.}		99.0	91.1	86.7	83.9		
Total		176.4	163.8	157.2	151.0	648.4	
Media		29.4	27.3	26.2	25.2		27.0

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F
Repetición	K - 1	SC _{Rep}	SC _{Rep} / GL _{Rep}	CM _{Rep} / CM _E
C (Consumo de Cemento)	I - 1	SC _C	SC _C / GL _C	CM _C / CM _E
R (% de agregado RCD)	J - 1	SC _R	SC _R / GL _R	CM _R / CM _E
Interacción CR	(I - 1) (J - 1)	SC _{CR}	SC _{CR} / GL _{CR}	CM _{CR} / CM _E
Error	(IJ - 1) (K - 1)	SC _E	SC _E / GL _E	
Total	IJK - 1	SC _{TOT}		

▲ Formula de suma de cuadrados

$$SC_{Tot} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Y_{ijk}^2 - \frac{T_{..}^2}{IJK} ; \quad SC_{Trat} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij}^2}{K} - \frac{T_{..}^2}{IJK}$$

$$SC_C = \frac{\sum_{i=1}^I T_{i..}^2}{JK} - \frac{T_{..}^2}{IJK} ; \quad SC_R = \frac{\sum_{j=1}^J T_{.j.}^2}{IK} - \frac{T_{..}^2}{IJK} ; \quad SC_{AR} = SC_{Trat} - SC_C - SC_R$$

$$SC_{Rep} = \frac{\sum_{k=1}^K T_{..k}^2}{IK} - \frac{T_{..}^2}{IJK} ; \quad SC_E = SC_{TOT} - SC_{Trat} - SC_{Rep}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Fisher (F _t) α = 0.05
Repetición	2	3.24	1.62	3.38	3.74
C (Cantidad de Cemento)	1	222.04	222.04	462.58	4.60
R (% de agregado RCD)	3	59.10	19.70	41.04	3.34
Interacción CR	3	2.93	0.98	2.04	3.34
Error	14	6.68	0.48		
Total	23	293.99			

➔ DUNCAN EN PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN A EDAD DE 28 DÍAS

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO A 28 DÍAS (MPa)				
Cantidad de Cemento	Porcentaje de agregado RCD [%]			
	0	20	35	50
300 [kg/m ³ _{H^o]}	25.8	24.2	23.5	22.4
350 [kg/m ³ _{H^o]}	33.0	30.4	28.9	28.0

- Ordenamos las medias de las resistencias en forma decreciente y determinamos su diferencia
- Seguidamente comparamos con el valor R_p para el nivel de confiabilidad

$$R_p = r_p * \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

- ✓ Donde r_p: se obtiene de una tabla para valores de alfa, y los grados de libertad del cuadrado medio del error p. Así formamos la siguiente tabla r_p y R_p a la edad de 7 días.

Error estandar de los promedios = 0.40				Grados de Libertad del error = 14.0			
	2	3	4	5	6	7	8
rp	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426
Rp	1.213	1.271	1.307	1.332	1.349	1.361	1.370

- ✓ Determinamos si la diferencia entre los valores obtenidos es significativa según se puede ver en la siguiente tabla (NOTA: los números en *color rojo* tienen una influencia significativa).

C.Cem-%RCD		350-20%	350-35%	350-50%	300-0%	300-20%	300-35%	300-50%
	Resist. [MPa]	30.4	28.9	28.0	25.8	24.2	23.5	22.4
350-0%	33.0	2.6	4.1	5.0	7.2	8.8	9.5	10.6
350-20%	30.4		1.5	2.4	4.6	6.2	6.9	8.0
350-35%	28.9			0.9	3.1	4.7	5.4	6.5
350-50%	28.0				2.2	3.8	4.5	5.6
300-0%	25.8					1.6	2.3	3.4
300-20%	24.2						0.7	1.8
300-35%	23.5							1.1

↩ TABLA DE FISHER PARA $\alpha = 0.05$

$v_2 = \text{GL}$ denominador		FISHER																			
		ALFA = 0.05																			
		NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%																			
		$v_1 = \text{Grados de libertad para el numerador}$																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	infinito	
1	161.00	200.00	216.00	225.00	230.00	234.00	237.00	239.00	241.00	242.00	244.00	244.00	246.00	248.00	249.00	250.00	251.00	252.00	253.00	254.00	
2	18.50	19.00	19.20	19.20	19.30	19.30	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	
3	10.10	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.95	5.91	5.86	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.22	3.15	3.20	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.62	2.54	2.51	2.47	2.38	2.38	2.30	2.30	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.93	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.44	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	
infinito	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	

↪ TABLA DE Rp PARA $\alpha = 0.05$

r_p									
ALFA = 0.05									
NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%									
v	p								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.461	3.587	3.649	3.680	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626
8	3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579
9	3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547
10	3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522
11	3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.480	3.493	3.501
12	3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484
13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457
15	3.014	3.160	3.250	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314
infinito	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294

6.4. PRECIOS UNITARIOS

6.4.1. PRECIO DEL METRO CUBICO (m³) DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)

ESTUDIO DE HORMIGONES PREPARADOS CON AGREGADOS RECICLADOS				
ANALISIS DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN CON 5% GRAVA RECICLADA				
1. Cantidades de materiales por m3 para producción				
Pastón de producción:		1010	litros	
Resistencia del Hormigón a 28días:		348.8	Kg/cm ²	
MATERIALES Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	Kg	386,00	0,76	293,75
Arena	Kg	810,71	76,56	62,07
Grava	Kg	831,50	72,21	60,04
Grava Reciclada	Kg	43,76	98,83	4,32
Agua	lt	182,61	0,01	2,12
TOTAL MATERIALES				422,30
FUENTE: SOBOCE Y ELABORACION PROPIA				

Figura N° 6-1: Precio del agregado grueso reciclado (RCD)

Fuente: Estudio de hormigones preparados con agregados reciclados, Ramallo, 2012

Como se puede observar en la anterior imagen se tiene el precio del metro cubico (m³) del agregado grueso reciclado (RCD) con un valor de 98.83 Bs, el cual se utilizara para realizar los cálculos de los precios unitarios de los hormigones elaborados con este agregado.

6.4.2. PRECIOS UNITARIOS DE LOS HORMIGONES ELABORADOS

↪ C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 0 — C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 20

300 Kg/m ³ - 20% agregado RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	300.0	0.94	282.00		
Grava	m ³	0.501	80.00	40.10		
Arena	m ³	0.464	100.00	46.44		
Grava (RCD)	m ³	0.145	98.83	14.29		
> TOTAL MATERIALES				382.83		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales		55.00 %		207.75		
Impuesto al Valor Agregado		14.94 %		87.47		
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)		5.00 %		33.65		
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)		10.00 %		109.85		
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				109.85		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)		7.00 %		84.59		
> TOTAL UTILIDAD				84.59		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)		3.09 %		39.95		
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				39.95		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1248.34		
PRECIO ADOPTADO				1248.34		

300 kg/m ³ - 0% RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	300.0	0.94	282.00		
Grava	m ³	0.647	80.00	51.75		
Arena	m ³	0.479	100.00	47.93		
> TOTAL MATERIALES				381.68		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales		55.00 %		207.75		
Impuesto al Valor Agregado		14.94 %		87.47		
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)		5.00 %		33.65		
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)		10.00 %		109.74		
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				109.74		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)		7.00 %		84.50		
> TOTAL UTILIDAD				84.50		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)		3.09 %		39.91		
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				39.91		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1247.04		
PRECIO ADOPTADO				1247.04		

↪ C.C. = 300 kg/m³_{H^c} - %RCD = 35 — C.C. = 300 kg/m³_{H^c} - %RCD = 50

300 Kg/m ³ _{H^c} - 50% RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	300.0	0.94	282.00		
Grava	m ³	0.300	80.00	23.97		
Arena	m ³	0.444	100.00	44.40		
Grava (RCD)	m ³	0.346	98.83	34.17		
> TOTAL MATERIALES				384.54		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales			55.00 %	207.75		
Impuesto al Valor Agregado			14.94 %	87.47		
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)			5.00 %	33.65		
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)			10.00 %	110.02		
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				110.02		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)			7.00 %	84.72		
> TOTAL UTILIDAD				84.72		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)			3.09 %	40.02		
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				40.02		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1250.29		
PRECIO ADOPTADO				1250.29		

300 Kg/m ³ _{H^c} - 35% RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	300.0	0.94	282.00		
Grava	m ³	0.399	80.00	31.92		
Arena	m ³	0.455	100.00	45.49		
Grava (RCD)	m ³	0.248	98.83	24.50		
> TOTAL MATERIALES				383.90		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales			55.00 %	207.75		
Impuesto al Valor Agregado			14.94 %	87.47		
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)			5.00 %	33.65		
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)			10.00 %	109.96		
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				109.96		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)			7.00 %	84.67		
> TOTAL UTILIDAD				84.67		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)			3.09 %	39.99		
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				39.99		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1249.56		
PRECIO ADOPTADO				1249.56		

↪ C.C. = 350 kg/m³_{H^c} - %RCD = 0 — C.C. = 350 kg/m³_{H^c} - %RCD = 20

350 Kg/m ³ _{H^c} - 0% RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	350.0	0.94	329.00		
Grava	m ³	0.631	80.00	50.47		
Arena	m ³	0.467	100.00	46.75		
Grava (RCD)	m ³	0.140	98.83	13.85		
> TOTAL MATERIALES				426.22		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales		55.00 %		207.75		
Impuesto al Valor Agregado		14.94 %		87.47		
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)		5.00 %		33.65		
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)		10.00 %		114.19		
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				114.19		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)		7.00 %		87.93		
> TOTAL UTILIDAD				87.93		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)		3.09 %		41.53		
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				41.53		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1297.65		
PRECIO ADOPTADO				1297.65		

350 Kg/m ³ _{H^c} - 20% RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	350.0	0.94	329.00		
Grava	m ³	0.486	80.00	38.86		
Arena	m ³	0.450	100.00	44.99		
Grava (RCD)	m ³	0.140	98.83	13.85		
> TOTAL MATERIALES				426.70		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales		55.00 %		207.75		
Impuesto al Valor Agregado		14.94 %		87.47		
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)		5.00 %		33.65		
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)		10.00 %		114.24		
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				114.24		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)		7.00 %		87.96		
> TOTAL UTILIDAD				87.96		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)		3.09 %		41.55		
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				41.55		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1298.19		
PRECIO ADOPTADO				1298.19		

↪ C.C. = 350 kg/m³_{H^c} - %RCD = 35 — C.C. = 350 kg/m³_{H^c} - %RCD = 50

350 Kg/m ³ _{H^c} - 35% RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	350.0	0.94	329.00		
Grava	m ³	0.387	80.00	30.94		
Arena	m ³	0.441	100.00	44.10		
Grava (RCD)	m ³	0.240	98.83	23.75		
> TOTAL MATERIALES				427.79		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales				55.00 %	207.75	
Impuesto al Valor Agregado				14.94 %	87.47	
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)				5.00 %	33.65	
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)				10.00 %	114.35	
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				114.35		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)				7.00 %	88.05	
> TOTAL UTILIDAD				88.05		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)				3.09 %	41.59	
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				41.59		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1299.44		
PRECIO ADOPTADO				1299.44		

350 Kg/m ³ _{H^c} - 50% RCD						
1. MATERIALES						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Cemento	Kg	350.0	0.94	329.00		
Grava	m ³	0.291	80.00	23.30		
Arena	m ³	0.432	100.00	43.17		
Grava (RCD)	m ³	0.336	98.83	33.22		
> TOTAL MATERIALES				428.68		
2. MANO DE OBRA						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Albañil	Hr	10	20.12	201.20		
Ayudante	Hr	12	14.71	176.52		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				377.72		
Cargas Sociales				55.00 %	207.75	
Impuesto al Valor Agregado				14.94 %	87.47	
> TOTAL MANO DE OBRA				672.93		
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Und	Cant	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)		
Mezcladora	Hr	0.35	17.50	6.13		
Vibradora	Hr	0.24	12.50	3.00		
Herramientas menores (5% del total Mano de Obra)				5.00 %	33.65	
> TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				42.77		
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS						
Gastos generales (% de 1+2+3)				10.00 %	114.44	
> TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				114.44		
5. UTILIDAD						
Utilidad (% de 1+2+3+4)				7.00 %	88.12	
> TOTAL UTILIDAD				88.12		
6. IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES						
Impuesto a las transacciones (% de 1+2+3+4+5)				3.09 %	41.62	
> TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				41.62		
TOTAL PRECIO UNITARIO				1300.45		
PRECIO ADOPTADO				1300.45		

6.5. PLANILLAS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

↪ C.C. = 300 kg/m³H^o - %RCD = 0

ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 300 kg/m ³ H ^o - 0% RCD											
Réplica	Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia	Peso	Altura	PU	Carga al 50%
N°	N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	[MPa]	[g]	[cm]	[kg/m ³]	
1	1-A	5-may.-22	2-jun.-22	28	47.9	483.0	26.5	12864	29.4	2400	241.5
	1-B	5-may.-22	2-jun.-22	28	48.1	481.3	26.1	12994	29.8	2368	-
2	2-A	11-may.-22	8-jun.-22	28	48.2	463.2	25.1	13026	29.9	2353	231.6
	2-B	11-may.-22	8-jun.-22	28	48.0	457.6	25.0	12897	29.8	2360	-
3	3-A	12-may.-22	9-jun.-22	28	48.0	441.4	24.1	13150	29.9	2395	220.7
	3-B	12-may.-22	9-jun.-22	28	47.9	439.0	24.0	13020	29.8	2393	-

Carga	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert x10 ⁻⁶ [mm]	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert x10 ⁻⁶ [mm]	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert x10 ⁻⁶ [mm]
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0
4.0	0.2	0	0	0.2	0	0	0.2	0	0
6.0	0.3	0	1	0.3	0	0	0.3	0	2
8.0	0.4	2	4	0.4	0	2	0.4	2	10
10.0	0.5	2	6	0.5	0	4	0.5	3	11
15.0	0.8	3	19	0.8	2	16	0.8	5	21
20.0	1.1	5	33	1.1	3	35	1.1	7	30
25.0	1.4	8	50	1.4	5	50	1.4	7	41
30.0	1.6	10	62	1.6	7	63	1.6	11	51
35.0	1.9	13	71	1.9	10	73	1.9	13	67
40.0	2.2	18	77	2.2	15	85	2.2	15	84
45.0	2.4	20	85	2.5	15	98	2.5	16	98
50.0	2.7	21	98	2.7	20	111	2.7	20	114
55.0	3.0	23	110	3.0	20	125	3.0	23	125
60.0	3.3	24	125	3.3	26	142	3.3	26	139
65.0	3.5	26	134	3.5	26	155	3.6	29	152
70.0	3.8	26	150	3.8	26	167	3.8	31	168
75.0	4.1	33	161	4.1	29	182	4.1	36	181
80.0	4.3	34	176	4.4	29	193	4.4	38	196
85.0	4.6	36	188	4.6	34	209	4.7	41	208
90.0	4.9	38	205	4.9	34	225	4.9	41	219
95.0	5.2	41	218	5.2	39	240	5.2	42	236
100.0	5.4	44	230	5.5	39	256	5.5	49	251
105.0	5.7	47	250	5.7	42	271	5.8	51	262
110.0	6.0	51	264	6.0	44	287	6.0	54	278
115.0	6.2	52	280	6.3	49	307	6.3	57	292
120.0	6.5	57	298	6.5	52	319	6.6	59	308
125.0	6.8	60	314	6.8	57	337	6.8	59	321
130.0	7.1	64	330	7.1	62	354	7.1	64	334
135.0	7.3	67	348	7.4	64	368	7.4	65	354
140.0	7.6	69	361	7.6	65	390	7.7	69	366
145.0	7.9	72	377	7.9	69	403	7.9	72	379
150.0	8.1	75	390	8.2	72	418	8.2	75	395
155.0	8.4	80	405	8.5	73	432	8.5	80	413
160.0	8.7	80	418	8.7	78	438	8.8	82	428

Carga	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
[KN]	[MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert x10 ⁻⁶ [mm]	[MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert x10 ⁻⁶ [mm]	[MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert x10 ⁻⁶ [mm]
165.0	9.0	83	432	9.0	78	450	9.0	85	444
170.0	9.2	85	446	9.3	82	463	9.3	88	458
175.0	9.5	88	460	9.5	87	475	9.6	91	474
180.0	9.8	91	476	9.8	88	488	9.9	96	485
185.0	10.0	91	490	10.1	88	500	10.1	98	499
190.0	10.3	96	506	10.4	90	520	10.4	103	516
195.0	10.6	98	525	10.6	91	540	10.7	106	531
200.0	10.9	100	543	10.9	95	559	11.0	109	546
205.0	11.1	101	558	11.2	96	579	11.2	113	559
210.0	11.4	105	575	11.5	98	599	11.5	118	575
215.0	11.7	108	593	11.7	101	619	11.8	119	593
220.0	11.9	111	610	12.0	105	639	12.0	119	606
225.0	12.2	114	626	12.3	105	658	12.3	122	621
230.0	12.5	118	644	12.5	109	678			
235.0	12.8	121	661	12.8	113	698			
240.0	13.0	126	677						
245.0	13.3	129	697						

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON			
INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO			
Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm] = 0.00127			
Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm] = 0.00127			
Longitud efectiva [mm] = 202.0			
Diámetro [mm] = 153.1			

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	481.3	457.6	439.0
40% P _{rotura} [KN]	192.5	183.0	175.6
Perímetro [cm]	48.1	48.0	47.9
S ₁ [MPa]	1.4	1.4	1.6
S ₂ [MPa]	10.5	10.0	9.6
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	515.5	495.0	475.3
E [MPa]	19522	19341	18796

RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	481.3	457.6	439.0
40% P _{rotura} [KN]	192.5	183.0	175.6
Perímetro [cm]	48.1	48.0	47.9
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	515.5	495.0	475.3
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm]	8.2	5.0	11.1
ε ₁₃ x10 ⁻⁶ [mm]	97.2	88.2	92.0
μ [mm/mm]	0.191	0.187	0.190

Esfuerzo VS Deformación Longitudinal
Cantidad de 300 [kg/m³H^o] con 0% Agregado RCD

Deformación Longitudinal [mm/mm]

— REP 1 — REP 2 — REP 3

↪ C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 20

ENSAJO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 300 kg/m ³ _H - 20% RCD											
Réplica N°	Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia [MPa]	Peso [g]	Altura [cm]	PU [kg/m ³]	Carga al 50%
		Vaciado	Ensayo								
1	1-A	27-abr.-22	25-may.-22	28	48.1	441.5	24.0	12930	29.9	2345	220.8
	1-B	27-abr.-22	25-may.-22	28	48.0	447.3	24.4	12802	29.8	2343	-
2	2-A	5-may.-22	2-jun.-22	28	48.0	434.9	23.7	12675	29.2	2371	217.5
	2-B	5-may.-22	2-jun.-22	28	48.2	437.4	23.7	12803	29.6	2340	-
3	3-A	11-may.-22	8-jun.-22	28	48.0	430.7	23.5	12402	28.8	2352	215.4
	3-B	11-may.-22	8-jun.-22	28	48.1	436.6	23.7	12527	29.2	2330	-

Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	1	0.1	0	1	0.0	0	0
4.0	0.2	0	1	0.2	0	1	0.0	0	0
6.0	0.3	0	2	0.3	0	2	0.0	0	4
8.0	0.4	0	2	0.4	0	5	0.0	0	4
10.0	0.5	2	4	0.5	0	7	0.0	2	5
15.0	0.8	2	5	0.8	2	16	0.0	3	9
20.0	1.1	3	5	1.1	5	27	0.0	5	16
25.0	1.4	5	9	1.4	7	37	0.0	7	25
30.0	1.6	10	14	1.6	8	47	0.0	8	35
35.0	1.9	13	16	1.9	10	58	0.0	10	50
40.0	2.2	16	22	2.2	11	69	0.0	13	64
45.0	2.5	20	25	2.4	15	84	0.0	15	80
50.0	2.7	21	26	2.7	16	95	0.0	18	94
55.0	3.0	23	33	3.0	23	111	0.0	20	113
60.0	3.3	24	42	3.2	28	131	0.0	21	129
65.0	3.5	26	52	3.5	31	153	0.0	24	144
70.0	3.8	26	63	3.8	33	177	0.0	24	158
75.0	4.1	29	73	4.1	34	200	0.0	29	175
80.0	4.4	29	89	4.3	38	219	0.0	33	184
85.0	4.6	34	100	4.6	38	233	0.0	33	198
90.0	4.9	34	118	4.9	42	248	0.0	36	212
95.0	5.2	39	140	5.1	44	261	0.0	39	226
100.0	5.5	42	153	5.4	49	278	0.0	42	239
105.0	5.7	46	172	5.7	51	292	0.0	42	254
110.0	6.0	49	184	5.9	56	309	0.0	44	269
115.0	6.3	54	196	6.2	57	323	0.0	46	281
120.0	6.5	59	210	6.5	62	332	0.0	49	298
125.0	6.8	59	222	6.8	62	347	0.0	51	312
130.0	7.1	62	234	7.0	65	359	0.0	59	325
135.0	7.4	64	246	7.3	65	373	0.0	62	339
140.0	7.6	70	259	7.6	69	385	0.0	67	351
145.0	7.9	72	275	7.8	72	399	0.0	70	370
150.0	8.2	73	290	8.1	73	410	0.0	75	384
155.0	8.5	75	304	8.4	77	426	0.0	82	397
160.0	8.7	77	318	8.7	82	438	0.0	83	413

Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
165.0	9.0	80	333	8.9	83	450	9.0	88	427
170.0	9.3	87	355	9.2	87	462	9.2	91	444
175.0	9.5	90	373	9.5	90	476	9.5	93	458
180.0	9.8	91	387	9.7	91	489	9.8	95	478
185.0	10.1	91	402	10.0	96	502	10.0	95	490
190.0	10.4	93	418	10.3	98	521	10.3	96	505
195.0	10.6	95	433	10.5	103	536	10.6	96	524
200.0	10.9	96	447	10.8	108	552	10.9	96	540
205.0	11.2	100	463	11.1	109	566	11.1	98	556
210.0	11.5	103	475	11.4	111	579	11.4	101	571
215.0	11.7	106	491	11.6	116	592	11.7	101	594
220.0	12.0	106	506	11.9	118	609	11.9	105	608
225.0	12.3	109	524						
230.0	12.5	113	538						
235.0									
240.0									
245.0									
250.0									
255.0									
260.0									
265.0									
270.0									
275.0									
280.0									
285.0									
290.0									
295.0									
300.0									
305.0									
310.0									
315.0									
320.0									
325.0									
330.0									
335.0									
340.0									

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON			
INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO			
Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm] = 0.00127			
Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm] = 0.00127			
Longitud efectiva [mm] = 202.0			
Diámetro [mm] = 153.1			
MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN] =	447.3	437.4	436.6
40% P _{rotura} [KN] =	178.9	175.0	174.6
Perímetro [cm] =	48.0	48.2	48.1
S ₁ [MPa] =	3.5	1.7	1.9
S ₂ [MPa] =	9.8	9.5	9.5
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm] =	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm] =	384.1	476.5	456.8
E [MPa] =	18757	18221	18615
RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN] =	447.3	437.4	436.6
40% P _{rotura} [KN] =	178.9	175.0	174.6
Perímetro [cm] =	48.0	48.2	48.1
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm] =	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm] =	384.1	476.5	456.8
ε ₁₁ x10 ⁻⁶ [mm] =	25.8	8.6	9.9
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm] =	91.1	89.8	92.9
μ [mm/mm] =	0.195	0.190	0.204

Esfuerzo VS Deformación Longitudinal
Cantidad de 300 [kg/m³_H] con 20% Agregado RCD

↪ C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 35

ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 300 kg/m ³ _H - 35% RCD											
Réplica N°	Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia [MPa]	Peso [g]	Altura [cm]	PU [kg/m ³]	Carga al 50%
		Vaciado	Ensayo								
1	1-A	4-may.-22	1-jun.-22	28	48.2	426.9	23.1	12741	29.7	2317	213.5
	1-B	4-may.-22	1-jun.-22	28	47.9	425.4	23.3	12615	29.6	2334	-
2	2-A	6-may.-22	3-jun.-22	28	48.1	410.9	22.3	12507	29.5	2299	205.5
	2-B	6-may.-22	3-jun.-22	28	48.0	420.3	22.9	12383	29.4	2297	-
3	3-A	10-may.-22	7-jun.-22	28	48.0	423.2	23.1	12374	28.9	2338	211.6
	3-B	10-may.-22	7-jun.-22	28	48.1	430.2	23.4	12499	29.3	2317	-

Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	2	0.1	2	0	0.1	0	0
4.0	0.2	0	2	0.2	2	0	0.2	0	1
6.0	0.3	0	6	0.3	2	4	0.3	0	4
8.0	0.4	0	14	0.4	3	10	0.4	0	7
10.0	0.5	0	17	0.5	3	14	0.5	2	16
15.0	0.8	2	31	0.8	7	24	0.8	3	21
20.0	1.1	5	41	1.1	7	36	1.1	5	32
25.0	1.4	7	54	1.4	10	47	1.4	8	45
30.0	1.6	10	68	1.6	13	61	1.6	13	53
35.0	1.9	16	82	1.9	15	77	1.9	13	66
40.0	2.2	20	97	2.2	20	90	2.2	16	79
45.0	2.5	23	108	2.5	21	106	2.4	18	95
50.0	2.7	24	116	2.7	26	121	2.7	20	111
55.0	3.0	26	125	3.0	29	136	3.0	28	127
60.0	3.3	31	141	3.3	31	149	3.3	34	144
65.0	3.6	34	160	3.5	33	162	3.5	38	157
70.0	3.8	34	176	3.8	38	179	3.8	39	175
75.0	4.1	38	194	4.1	42	196	4.1	44	187
80.0	4.4	41	209	4.4	46	212	4.3	46	200
85.0	4.7	46	223	4.6	49	225	4.6	46	214
90.0	4.9	49	240	4.9	52	243	4.9	51	230
95.0	5.2	52	257	5.2	54	256	5.2	51	244
100.0	5.5	56	269	5.5	57	272	5.4	57	259
105.0	5.8	57	283	5.7	59	290	5.7	65	276
110.0	6.0	64	304	6.0	64	303	6.0	69	291
115.0	6.3	65	322	6.3	65	322	6.2	72	307
120.0	6.6	69	338	6.5	69	338	6.5	73	323
125.0	6.8	72	355	6.8	72	353	6.8	75	338
130.0	7.1	77	373	7.1	72	368	7.1	75	353
135.0	7.4	80	392	7.4	78	381	7.3	78	365
140.0	7.7	83	410	7.6	80	395	7.6	82	385
145.0	7.9	88	429	7.9	83	408	7.9	82	400
150.0	8.2	91	444	8.2	85	422	8.1	87	415
155.0	8.5	93	462	8.5	90	436	8.4	90	429
160.0	8.8	98	478	8.7	93	448	8.7	90	444

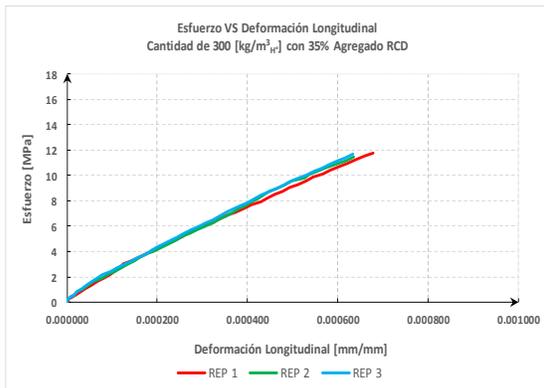
Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
165.0	9.0	101	494	9.0	95	464	9.0	91	465
170.0	9.3	106	512	9.3	103	484	9.2	95	479
175.0	9.6	109	531	9.5	105	499	9.5	98	494
180.0	9.9	114	546	9.8	111	527	9.8	103	514
185.0	10.1	119	566	10.1	114	538	10.0	105	530
190.0	10.4	122	583	10.4	116	554	10.3	106	547
195.0	10.7	127	603	10.6	124	575	10.6	108	564
200.0	11.0	134	621	10.9	126	599	10.9	109	582
205.0	11.2	136	640	11.2	127	618	11.1	111	599
210.0	11.5	142	660	11.5	129	636	11.4	113	616
215.0	11.8	145	678				11.7	114	634
220.0									
225.0									
230.0									
235.0									
240.0									
245.0									
250.0									
255.0									
260.0									
265.0									
270.0									
275.0									
280.0									
285.0									
290.0									
295.0									
300.0									
305.0									
310.0									
315.0									
320.0									
325.0									
330.0									
335.0									
340.0									

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO	
Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm]	= 0.00127
Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm]	= 0.00127
Longitud efectiva [mm]	= 202.0
Diámetro [mm]	= 153.1

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	= 425.4	420.3	430.2
40% P _{rotura} [KN]	= 170.2	168.1	172.1
Perímetro [cm]	= 47.9	48.0	48.1
S ₁ [MPa]	= 1.3	1.4	1.5
S ₂ [MPa]	= 9.3	9.2	9.3
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 513.1	476.4	485.2
E [MPa]	= 17365	18165	17967

RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	= 425.4	420.3	430.2
40% P _{rotura} [KN]	= 170.2	168.1	172.1
Perímetro [cm]	= 47.9	48.0	48.1
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 513.1	476.4	485.2
ε ₁₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 6.0	10.5	11.2
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 106.3	99.8	96.1
μ [mm/mm]	= 0.217	0.209	0.195



↪ C.C. = 300 kg/m³_H - %RCD = 50

ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 300 kg/m ³ _H - 50% RCD											
Réplica N°	Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [kN]	Resistencia [MPa]	Peso [g]	Altura [cm]	PU [kg/m ³]	Carga al 50%
		Vaciado	Ensayo								
1	1-A	29-may.-22	26-jun.-22	28	47.9	405.3	22.2	12311	29.1	2320	202.7
	1-B	29-may.-22	26-jun.-22	28	48.0	406.1	22.1	12435	29.5	2299	-
2	2-A	11-may.-22	8-jun.-22	28	48.0	407.1	22.2	12690	30.0	2303	203.6
	2-B	11-may.-22	8-jun.-22	28	47.9	412.7	22.6	12564	29.9	2301	-
3	3-A	24-may.-22	21-jun.-22	28	47.8	384.5	21.1	12326	29.3	2317	192.3
	3-B	24-may.-22	21-jun.-22	28	47.9	385.2	21.1	12450	29.7	2296	-

Carga [kN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl	ε Vert
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	2
4.0	0.2	0	1	0.2	0	0	0.2	0	5
6.0	0.3	0	5	0.3	2	0	0.3	0	6
8.0	0.4	0	7	0.4	2	2	0.4	0	11
10.0	0.5	3	12	0.5	3	6	0.5	0	16
15.0	0.8	3	20	0.8	5	12	0.8	2	24
20.0	1.1	5	28	1.1	7	20	1.1	5	32
25.0	1.4	8	41	1.4	10	31	1.4	8	43
30.0	1.6	10	53	1.6	11	41	1.6	13	54
35.0	1.9	13	72	1.9	13	56	1.9	16	71
40.0	2.2	15	88	2.2	16	74	2.2	20	90
45.0	2.5	21	105	2.5	20	89	2.5	24	110
50.0	2.7	24	121	2.7	21	103	2.7	24	129
55.0	3.0	28	136	3.0	26	120	3.0	28	145
60.0	3.3	33	153	3.3	28	135	3.3	31	161
65.0	3.5	39	170	3.6	31	150	3.6	36	176
70.0	3.8	42	186	3.8	36	165	3.8	39	189
75.0	4.1	46	202	4.1	38	186	4.1	42	205
80.0	4.4	49	218	4.4	39	199	4.4	46	222
85.0	4.6	56	234	4.7	41	215	4.7	47	239
90.0	4.9	59	251	4.9	46	231	4.9	56	255
95.0	5.2	65	267	5.2	51	245	5.2	59	269
100.0	5.5	69	281	5.5	52	260	5.5	60	286
105.0	5.7	72	297	5.8	57	275	5.8	65	303
110.0	6.0	75	313	6.0	60	291	6.0	69	319
115.0	6.3	82	332	6.3	64	306	6.3	72	335
120.0	6.5	82	348	6.6	67	322	6.6	73	351
125.0	6.8	85	364	6.8	69	338	6.8	78	369
130.0	7.1	88	382	7.1	72	355	7.1	82	386
135.0	7.4	88	397	7.4	78	373	7.4	85	401
140.0	7.6	91	416	7.7	80	392	7.7	88	418
145.0	7.9	95	436	7.9	82	403	7.9	91	434
150.0	8.2	98	454	8.2	85	421	8.2	95	453
155.0	8.5	105	472	8.5	88	436	8.5	100	469
160.0	8.7	109	491	8.8	96	453	8.8	103	486

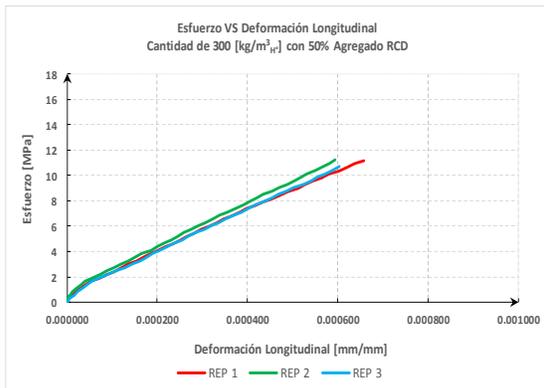
Carga [kN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl	ε Vert
165.0	9.0	113	511	9.0	100	470	9.0	109	502
170.0	9.3	116	526	9.3	103	488	9.3	116	522
175.0	9.5	122	546	9.6	106	505	9.6	118	542
180.0	9.8	126	564	9.9	108	520	9.9	121	554
185.0	10.1	129	579	10.1	109	531	10.1	124	572
190.0	10.4	136	601	10.4	116	551	10.4	126	588
195.0	10.6	142	621	10.7	121	568	10.7	131	604
200.0	10.9	155	637	11.0	122	582			
205.0	11.2	160	658	11.2	126	594			
210.0									
215.0									
220.0									
225.0									
230.0									
235.0									
240.0									
245.0									
250.0									
255.0									
260.0									
265.0									
270.0									
275.0									
280.0									
285.0									
290.0									
295.0									
300.0									
305.0									
310.0									
315.0									
320.0									
325.0									
330.0									
335.0									
340.0									

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO	
Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm]	= 0.00127
Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm]	= 0.00127
Longitud efectiva [mm]	= 202.0
Diámetro [mm]	= 153.1

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [kN]	= 406.1	412.7	385.2
40% P _{rotura} [kN]	= 162.4	165.1	154.1
Perímetro [cm]	= 48.0	47.9	47.9
S ₁ [MPa]	= 1.6	1.8	1.5
S ₂ [MPa]	= 8.9	9.0	8.4
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 500.8	470.6	466.2
E [MPa]	= 16175	17189	16595

RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [kN]	= 406.1	412.7	385.2
40% P _{rotura} [kN]	= 162.4	165.1	154.1
Perímetro [cm]	= 48.0	47.9	47.9
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 500.8	470.6	466.2
ε ₁₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 9.4	12.4	11.1
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 111.0	99.7	98.7
μ [mm/mm]	= 0.225	0.207	0.211



→ C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 0

ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 350 kg/m ³ _H - 0% RCD											
Réplica N°	Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [kN]	Resistencia [MPa]	Peso [g]	Altura [cm]	PU [kg/m ³]	Carga al 50%
		Vaciado	Ensayo								
1	1-A	6-may.-22	3-jun.-22	28	47.9	597.1	32.7	12857	29.4	2399	298.6
	1-B	6-may.-22	3-jun.-22	28	48.0	599.7	32.7	12987	29.8	2377	-
2	2-A	10-may.-22	7-jun.-22	28	48.1	623.0	33.8	13011	29.4	2407	311.5
	2-B	10-may.-22	7-jun.-22	28	48.5	625.3	33.4	13142	29.8	2356	-
3	3-A	12-may.-22	9-jun.-22	28	48.1	573.9	31.2	13133	29.7	2398	287.0
	3-B	12-may.-22	9-jun.-22	28	47.9	581.0	31.8	13003	29.6	2406	-

Carga [kN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	1	0.1	0	1	0.1	0	0
4.0	0.2	0	2	0.2	0	2	0.2	0	0
6.0	0.3	0	7	0.3	0	6	0.3	0	1
8.0	0.4	0	12	0.4	0	10	0.4	0	2
10.0	0.5	0	17	0.5	0	16	0.5	2	4
15.0	0.8	2	31	0.8	0	26	0.8	5	11
20.0	1.1	3	45	1.1	0	38	1.1	7	19
25.0	1.4	3	59	1.3	2	52	1.4	10	26
30.0	1.6	5	71	1.6	3	64	1.6	11	35
35.0	1.9	7	80	1.9	7	74	1.9	13	45
40.0	2.2	8	90	2.1	7	83	2.2	15	51
45.0	2.5	10	101	2.4	10	90	2.5	15	67
50.0	2.7	11	116	2.7	11	99	2.7	16	73
55.0	3.0	13	126	2.9	13	109	3.0	18	88
60.0	3.3	15	141	3.2	15	120	3.3	18	97
65.0	3.5	16	155	3.5	18	129	3.6	18	106
70.0	3.8	18	167	3.7	20	141	3.8	20	116
75.0	4.1	20	179	4.0	21	153	4.1	21	125
80.0	4.4	21	193	4.3	23	167	4.4	21	137
85.0	4.6	23	204	4.5	26	184	4.7	21	146
90.0	4.9	28	218	4.8	26	197	4.9	24	160
95.0	5.2	29	231	5.1	26	209	5.2	24	170
100.0	5.5	31	246	5.3	28	223	5.5	28	179
105.0	5.7	33	261	5.6	31	234	5.8	28	194
110.0	6.0	36	274	5.9	33	245	6.0	29	205
115.0	6.3	38	290	6.1	33	257	6.3	33	219
120.0	6.5	39	302	6.4	36	270	6.6	39	231
125.0	6.8	42	314	6.7	36	286	6.8	42	243
130.0	7.1	46	329	6.9	39	298	7.1	44	254
135.0	7.4	49	343	7.2	41	312	7.4	47	267
140.0	7.6	52	356	7.5	44	327	7.7	52	282
145.0	7.9	56	370	7.7	47	342	7.9	57	293
150.0	8.2	57	384	8.0	49	355	8.2	62	307
155.0	8.5	59	397	8.3	52	370	8.5	64	323
160.0	8.7	60	408	8.5	54	384	8.8	67	334

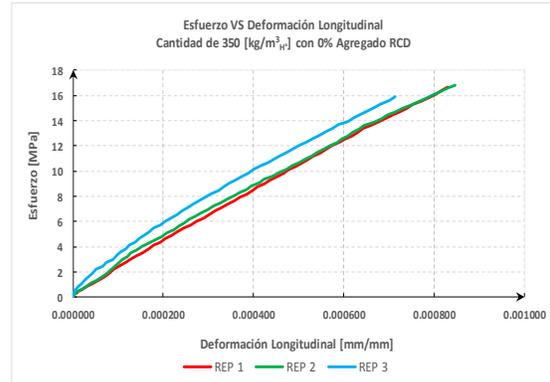
Carga [kN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
165.0	9.0	62	423	8.8	59	396	9.0	67	348
170.0	9.3	64	437	9.1	64	412	9.3	70	360
175.0	9.5	70	450	9.3	65	425	9.6	73	375
180.0	9.8	73	467	9.6	67	443	9.9	73	389
185.0	10.1	73	479	9.9	70	458	10.1	75	400
190.0	10.4	73	493	10.2	73	472	10.4	75	417
195.0	10.6	77	507	10.4	75	486	10.7	80	431
200.0	10.9	77	519	10.7	80	500	11.0	80	447
205.0	11.2	80	532	11.0	82	516	11.2	82	458
210.0	11.5	83	547	11.2	85	528	11.5	82	474
215.0	11.7	87	561	11.5	87	542	11.8	85	489
220.0	12.0	88	573	11.8	88	556	12.0	87	501
225.0	12.3	91	588	12.0	90	571	12.3	88	519
230.0	12.5	95	604	12.3	91	584	12.6	93	531
235.0	12.8	96	618	12.6	95	597	12.9	96	547
240.0	13.1	101	631	12.8	95	609	13.1	103	562
245.0	13.4	103	644	13.1	98	621	13.4	109	575
250.0	13.6	105	660	13.4	101	634	13.7	119	589
255.0	13.9	108	678	13.6	103	645	14.0	124	609
260.0	14.2	109	691	13.9	106	665	14.2	127	623
265.0	14.5	116	708	14.2	109	683	14.5	131	639
270.0	14.7	119	724	14.4	113	698	14.8	134	652
275.0	15.0	122	740	14.7	116	714	15.1	134	668
280.0	15.3	124	754	15.0	121	731	15.3	137	681
285.0	15.5	126	771	15.2	122	748	15.6	139	700
290.0	15.8	129	790	15.5	126	766	15.9	139	714
295.0	16.1	134	802	15.8	131	781			
300.0	16.4	136	814	16.0	134	798			
305.0	16.6	137	829	16.3	137	813			
310.0				16.6	140	830			
315.0				16.8	147	848			
320.0									
325.0									
330.0									
335.0									
340.0									

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO	
Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm]	= 0.00127
Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm]	= 0.00127
Longitud efectiva [mm]	= 202.0
Diámetro [mm]	= 153.1

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [kN]	599.7	625.3	581.0
40% P _{rotura} [kN]	239.9	250.1	232.4
Perímetro [cm]	48.0	48.5	47.9
S ₁ [MPa]	1.2	1.3	2.2
S ₂ [MPa]	13.1	13.4	12.7
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	630.9	633.9	538.7
E [MPa]	20474	20662	21631

RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [kN]	599.7	625.3	581.0
40% P _{rotura} [kN]	239.9	250.1	232.4
Perímetro [cm]	48.0	48.5	47.9
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	630.9	633.9	538.7
ε ₁₁ x10 ⁻⁶ [mm]	3.3	1.4	14.5
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm]	101.1	101.3	94.6
μ [mm/mm]	0.168	0.171	0.164



→ C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20

ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 350 kg/m ³ _H - 20% RCD											
Réplica N°	Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia [MPa]	Peso [g]	Altura [cm]	PU [kg/m ³]	Carga al 50%
		Vaciado	Ensayo								
1	1-A	27-abr.-22	25-may.-22	28	48.1	544.7	29.6	12739	29.5	2342	272.4
	1-B	27-abr.-22	25-may.-22	28	47.8	538.5	29.6	12613	29.4	2360	-
2	2-A	29-abr.-22	27-may.-22	28	48.3	529.4	28.5	12825	29.8	2314	264.7
	2-B	29-abr.-22	27-may.-22	28	48.0	530.2	28.9	12698	29.7	2332	-
3	3-A	26-may.-22	23-jun.-22	28	47.9	560.3	30.7	12603	29.0	2384	280.2
	3-B	26-may.-22	23-jun.-22	28	48.0	574.0	31.3	12730	29.4	2362	-

Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0
4.0	0.2	0	1	0.2	0	0	0.2	0	2
6.0	0.3	2	4	0.3	0	2	0.3	0	4
8.0	0.4	2	7	0.4	2	4	0.4	0	6
10.0	0.5	2	12	0.5	2	7	0.5	0	14
15.0	0.8	2	26	0.8	3	15	0.8	0	27
20.0	1.1	5	42	1.1	5	25	1.1	3	40
25.0	1.4	7	58	1.4	8	32	1.4	3	53
30.0	1.6	7	71	1.6	8	42	1.6	5	68
35.0	1.9	10	82	1.9	10	53	1.9	7	79
40.0	2.2	11	92	2.2	13	63	2.2	7	94
45.0	2.5	13	104	2.5	15	77	2.5	7	110
50.0	2.7	13	116	2.7	15	87	2.7	7	121
55.0	3.0	15	132	3.0	18	101	3.0	10	137
60.0	3.3	16	140	3.3	20	111	3.3	10	151
65.0	3.6	18	152	3.5	21	125	3.5	11	163
70.0	3.8	20	165	3.8	23	136	3.8	13	175
75.0	4.1	21	175	4.1	24	150	4.1	16	187
80.0	4.4	24	184	4.4	26	161	4.4	20	200
85.0	4.7	28	197	4.6	29	173	4.6	20	214
90.0	4.9	29	210	4.9	34	188	4.9	21	230
95.0	5.2	33	222	5.2	34	200	5.2	23	241
100.0	5.5	34	234	5.5	38	214	5.5	26	254
105.0	5.8	39	248	5.7	41	228	5.7	26	271
110.0	6.0	41	260	6.0	44	240	6.0	28	282
115.0	6.3	44	275	6.3	46	251	6.3	31	297
120.0	6.6	44	290	6.5	51	266	6.5	36	314
125.0	6.9	49	304	6.8	54	282	6.8	38	328
130.0	7.1	56	319	7.1	54	295	7.1	39	342
135.0	7.4	57	334	7.4	59	308	7.4	42	354
140.0	7.7	60	348	7.6	59	324	7.6	46	366
145.0	8.0	62	359	7.9	62	337	7.9	49	381
150.0	8.2	64	375	8.2	64	353	8.2	52	395
155.0	8.5	65	391	8.5	69	366	8.5	54	408
160.0	8.8	69	405	8.7	70	380	8.7	59	421

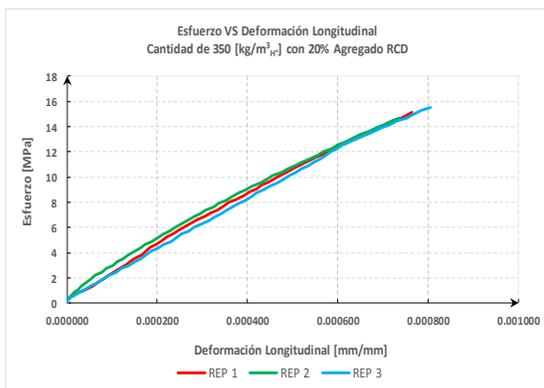
Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
165.0	9.1	69	420	9.0	75	396	9.0	59	434
170.0	9.3	72	432	9.3	75	411	9.3	64	449
175.0	9.6	75	447	9.5	80	427	9.5	65	465
180.0	9.9	77	460	9.8	80	443	9.8	70	480
185.0	10.2	78	476	10.1	82	455	10.1	73	493
190.0	10.4	80	490	10.4	83	475	10.4	77	506
195.0	10.7	82	504	10.6	85	490	10.6	80	520
200.0	11.0	83	517	10.9	87	505	10.9	82	533
205.0	11.3	87	533	11.2	88	521	11.2	88	548
210.0	11.5	90	551	11.5	91	536	11.5	90	561
215.0	11.8	91	567	11.7	96	556	11.7	95	573
220.0	12.1	98	583	12.0	98	568	12.0	96	584
225.0	12.4	100	598	12.3	101	587	12.3	101	598
230.0	12.6	103	615	12.5	106	600	12.5	105	611
235.0	12.9	103	634	12.8	111	616	12.8	108	626
240.0	13.2	106	649	13.1	113	634	13.1	113	645
245.0	13.5	113	665	13.4	114	651	13.4	114	666
250.0	13.7	116	683	13.6	118	668	13.6	119	681
255.0	14.0	119	699	13.9	124	686	13.9	114	698
260.0	14.3	122	713	14.2	126	703	14.2	126	715
265.0	14.6	126	733	14.5	127	720	14.5	129	731
270.0	14.8	127	749	14.7	129	736	14.7	136	754
275.0	15.1	131	765				15.0	137	769
280.0							15.3	145	786
285.0							15.5	149	806
290.0									
295.0									
300.0									
305.0									
310.0									
315.0									
320.0									
325.0									
330.0									
335.0									
340.0									

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO
 Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm] = 0.00127
 Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm] = 0.00127
 Longitud efectiva [mm] = 202.0
 Diámetro [mm] = 153.1

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	538.5	530.2	574.0
40% P _{rotura} [KN]	215.4	212.1	229.6
Perímetro [cm]	47.8	48.0	48.0
S ₁ [MPa]	1.2	1.8	1.2
S ₂ [MPa]	11.8	11.6	11.8
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	568.1	544.2	610.3
E [MPa]	20481	19704	20032

RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	538.5	530.2	574.0
40% P _{rotura} [KN]	215.4	212.1	229.6
Perímetro [cm]	47.8	48.0	48.0
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	568.1	544.2	610.3
ε ₁₁ x10 ⁻⁶ [mm]	5.7	9.3	3.3
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm]	92.0	93.5	104.2
μ [mm/mm]	0.166	0.170	0.180



↪ C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 35

ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 350 kg/m ³ _H - 35% RCD											
Réplica N°	Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia [MPa]	Peso [g]	Altura [cm]	PU [kg/m ³]	Carga al 50%
		Vaciado	Ensayo								
1	1-A	6-may.-22	3-jun.-22	28	48.1	542.4	29.5	12709	29.7	2320	271.2
	1-B	6-may.-22	3-jun.-22	28	48.0	539.2	29.4	12583	29.6	2319	-
2	2-A	12-may.-22	9-jun.-22	28	47.9	515.0	28.2	12563	29.5	2336	257.5
	2-B	12-may.-22	9-jun.-22	28	48.0	509.6	27.8	12690	29.9	2315	-
3	3-A	26-may.-22	23-jun.-22	28	47.8	501.9	27.6	12459	29.3	2342	251.0
	3-B	26-may.-22	23-jun.-22	28	48.0	502.5	27.4	12585	29.7	2311	-

Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	1	0.1	0	1	0.1	0	0
4.0	0.2	0	1	0.2	0	2	0.2	0	1
6.0	0.3	0	2	0.3	0	7	0.3	0	4
8.0	0.4	2	2	0.4	2	15	0.4	0	6
10.0	0.5	2	10	0.5	3	17	0.5	0	9
15.0	0.8	2	19	0.8	3	28	0.8	0	16
20.0	1.1	2	30	1.1	5	42	1.1	0	26
25.0	1.4	3	43	1.4	7	56	1.4	3	37
30.0	1.6	5	53	1.6	7	69	1.6	3	45
35.0	1.9	7	61	1.9	8	83	1.9	3	54
40.0	2.2	8	72	2.2	10	95	2.2	7	64
45.0	2.5	8	85	2.5	13	109	2.5	7	74
50.0	2.7	11	98	2.7	15	123	2.7	7	87
55.0	3.0	15	110	3.0	16	139	3.0	10	99
60.0	3.3	15	121	3.3	16	150	3.3	10	111
65.0	3.5	18	134	3.5	20	165	3.5	11	121
70.0	3.8	18	150	3.8	21	179	3.8	11	136
75.0	4.1	21	161	4.1	24	196	4.1	15	147
80.0	4.4	21	176	4.4	26	209	4.4	18	157
85.0	4.6	24	188	4.6	31	222	4.6	21	173
90.0	4.9	28	203	4.9	34	239	4.9	21	186
95.0	5.2	28	214	5.2	38	248	5.2	23	199
100.0	5.5	31	230	5.5	39	262	5.5	26	208
105.0	5.7	34	243	5.7	41	277	5.7	28	222
110.0	6.0	38	260	6.0	42	288	6.0	31	233
115.0	6.3	41	270	6.3	46	303	6.3	34	246
120.0	6.5	47	287	6.5	51	317	6.5	34	261
125.0	6.8	47	300	6.8	52	330	6.8	38	276
130.0	7.1	51	313	7.1	54	345	7.1	38	291
135.0	7.4	54	327	7.4	56	360	7.4	38	304
140.0	7.6	57	340	7.6	57	376	7.6	41	319
145.0	7.9	60	356	7.9	59	389	7.9	41	334
150.0	8.2	64	369	8.2	65	403	8.2	44	348
155.0	8.5	67	382	8.5	67	418	8.5	44	364
160.0	8.7	67	401	8.7	70	431	8.7	44	377

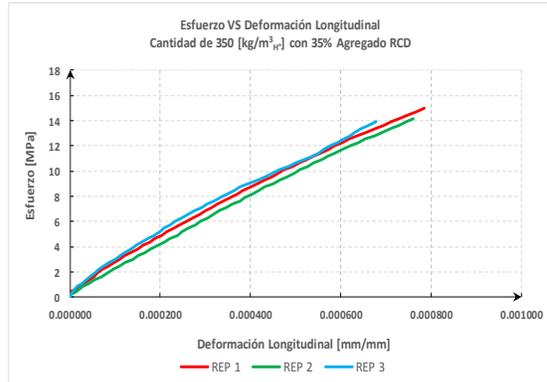
Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
165.0	9.0	67	415	9.0	73	449	9.0	51	394
170.0	9.3	70	432	9.3	77	464	9.3	51	416
175.0	9.5	70	446	9.5	80	480	9.5	54	431
180.0	9.8	73	460	9.8	85	496	9.8	54	448
185.0	10.1	75	475	10.1	87	510	10.1	60	464
190.0	10.4	75	493	10.4	91	526	10.4	80	484
195.0	10.6	78	507	10.6	98	540	10.6	83	500
200.0	10.9	85	524	10.9	100	557	10.9	87	517
205.0	11.2	88	540	11.2	101	572	11.2	90	537
210.0	11.5	91	554	11.5	105	587	11.5	96	552
215.0	11.7	95	573	11.7	108	604	11.7	96	563
220.0	12.0	101	587	12.0	113	623	12.0	100	578
225.0	12.3	105	603	12.3	114	639	12.3	103	593
230.0	12.5	108	618	12.5	116	653	12.5	103	608
235.0	12.8	111	635	12.8	118	675	12.8	106	620
240.0	13.1	118	657	13.1	121	693	13.1	106	632
245.0	13.4	121	678	13.4	122	712	13.4	106	646
250.0	13.6	124	696	13.6	126	729	13.6	113	661
255.0	13.9	127	712	13.9	126	745	13.9	113	678
260.0	14.2	127	729	14.2	131	761			
265.0	14.5	134	750						
270.0	14.7	134	767						
275.0	15.0	137	785						
280.0									
285.0									
290.0									
295.0									
300.0									
305.0									
310.0									
315.0									
320.0									
325.0									
330.0									
335.0									
340.0									

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO	
Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm]	= 0.00127
Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm]	= 0.00127
Longitud efectiva [mm]	= 202.0
Diámetro [mm]	= 153.1

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	539.2	509.6	502.5
40% P _{rotura} [KN]	215.7	203.8	201.0
Perímetro [cm]	48.0	48.0	48.0
S ₁ [MPa]	1.5	1.2	1.8
S ₂ [MPa]	11.8	11.1	11.0
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	574.9	568.2	521.3
E [MPa]	19464	19038	19471

RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	539.2	509.6	502.5
40% P _{rotura} [KN]	215.7	203.8	201.0
Perímetro [cm]	48.0	48.0	48.0
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	574.9	568.2	521.3
ε ₁₁ x10 ⁻⁶ [mm]	4.4	5.8	3.3
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm]	95.6	100.8	87.2
μ [mm/mm]	0.174	0.183	0.178



↪ C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 50

ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL HORMIGÓN EN COMPRESIÓN (ASTM C 469): 350 kg/m ³ _H - 50% RCD											
Réplica N°	Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia [MPa]	Peso [g]	Altura [cm]	PU [kg/m ³]	Carga al 50%
		Vaciado	Ensayo								
1	1-A	6-may.-22	3-jun.-22	28	47.9	500.1	27.4	12290	29.2	2309	250.1
	1-B	6-may.-22	3-jun.-22	28	48.0	492.1	26.8	12414	29.6	2287	-
2	2-A	10-may.-22	7-jun.-22	28	47.8	508.0	27.9	12314	29.2	2323	254.0
	2-B	10-may.-22	7-jun.-22	28	48.0	522.7	28.5	12438	29.6	2292	-
3	3-A	24-may.-22	21-jun.-22	28	47.9	502.5	27.5	12481	29.4	2329	251.3
	3-B	24-may.-22	21-jun.-22	28	48.3	511.0	27.5	12607	29.8	2279	-

Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
2.0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0
4.0	0.2	0	0	0.2	0	1	0.2	0	0
6.0	0.3	0	2	0.3	0	4	0.3	0	0
8.0	0.4	0	7	0.4	2	5	0.4	0	1
10.0	0.5	0	11	0.5	2	7	0.5	0	4
15.0	0.8	0	20	0.8	3	19	0.8	3	14
20.0	1.1	2	30	1.1	7	30	1.1	3	21
25.0	1.4	3	45	1.4	8	38	1.3	5	30
30.0	1.6	5	53	1.6	10	51	1.6	8	40
35.0	1.9	10	67	1.9	11	62	1.9	8	52
40.0	2.2	10	77	2.2	11	74	2.2	10	64
45.0	2.5	13	92	2.5	13	84	2.4	13	74
50.0	2.7	13	103	2.7	15	97	2.7	13	87
55.0	3.0	15	116	3.0	16	108	3.0	18	99
60.0	3.3	16	129	3.3	20	120	3.2	18	113
65.0	3.5	20	142	3.5	21	132	3.5	21	124
70.0	3.8	24	156	3.8	24	147	3.8	21	135
75.0	4.1	24	172	4.1	29	160	4.0	23	150
80.0	4.4	28	186	4.4	31	176	4.3	26	163
85.0	4.6	29	202	4.6	33	187	4.6	29	176
90.0	4.9	31	217	4.9	34	203	4.8	33	188
95.0	5.2	33	233	5.2	36	219	5.1	34	202
100.0	5.5	34	249	5.5	39	233	5.4	36	218
105.0	5.7	38	262	5.7	42	245	5.7	41	230
110.0	6.0	41	277	6.0	46	261	5.9	47	241
115.0	6.3	44	292	6.3	47	278	6.2	54	256
120.0	6.5	44	308	6.5	51	297	6.5	60	270
125.0	6.8	47	324	6.8	52	311	6.7	67	283
130.0	7.1	52	339	7.1	54	327	7.0	69	297
135.0	7.4	54	358	7.4	59	340	7.3	70	314
140.0	7.6	59	373	7.6	60	353	7.5	73	329
145.0	7.9	62	390	7.9	62	369	7.8	77	344
150.0	8.2	67	408	8.2	69	385	8.1	80	360
155.0	8.5	69	421	8.5	72	402	8.3	82	376
160.0	8.7	73	436	8.7	75	418	8.6	83	390

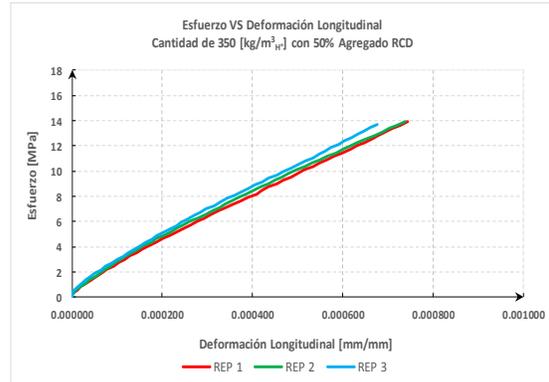
Carga [KN]	RÉPLICA 1			RÉPLICA 2			RÉPLICA 3		
	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert	Esfuerzo [MPa]	ε Htzl x10 ⁻⁶ [mm]	ε Vert
165.0	9.0	77	453	9.0	80	434	8.9	85	406
170.0	9.3	80	468	9.3	85	449	9.2	85	422
175.0	9.5	87	485	9.5	88	464	9.4	87	436
180.0	9.8	87	500	9.8	91	480	9.7	87	454
185.0	10.1	90	515	10.1	95	499	10.0	88	468
190.0	10.4	93	533	10.4	96	515	10.2	88	484
195.0	10.6	95	550	10.6	100	532	10.5	90	501
200.0	10.9	101	564	10.9	103	550	10.8	93	517
205.0	11.2	101	582	11.2	108	567	11.0	93	533
210.0	11.5	105	598	11.5	108	584	11.3	96	547
215.0	11.7	105	616	11.7	111	599	11.6	98	561
220.0	12.0	108	631	12.0	113	618	11.9	98	574
225.0	12.3	109	649	12.3	116	632	12.1	100	590
230.0	12.5	111	665	12.5	122	652	12.4	101	603
235.0	12.8	118	677	12.8	124	668	12.7	105	619
240.0	13.1	121	694	13.1	129	688	12.9	113	634
245.0	13.4	124	710	13.4	134	703	13.2	121	647
250.0	13.6	127	726	13.6	139	720	13.5	124	662
255.0	13.9	134	744	13.9	144	738	13.7	131	676
260.0									
265.0									
270.0									
275.0									
280.0									
285.0									
290.0									
295.0									
300.0									
305.0									
310.0									
315.0									
320.0									
325.0									
330.0									
335.0									
340.0									

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO	
Precisión extensómetro vertical (Módulo de elasticidad) [mm]	= 0.00127
Precisión extensómetro horizontal (Relación de Poisson) [mm]	= 0.00127
Longitud efectiva [mm]	= 202.0
Diámetro [mm]	= 153.1

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	= 492.1	522.7	511.0
40% P _{rotura} [KN]	= 196.8	209.1	204.4
Perímetro [cm]	= 48.0	48.0	48.3
S ₁ [MPa]	= 1.5	1.6	1.8
S ₂ [MPa]	= 10.7	11.4	11.0
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 554.9	581.0	531.5
E [MPa]	= 18221	18426	19041

RELACIÓN DE POISSON			
Réplica =	1	2	3
P _{rotura} [KN]	= 492.1	522.7	511.0
40% P _{rotura} [KN]	= 196.8	209.1	204.4
Perímetro [cm]	= 48.0	48.0	48.3
ε ₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 50.0	50.0	50.0
ε ₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 554.9	581.0	531.5
ε ₁₁ x10 ⁻⁶ [mm]	= 4.3	9.7	8.2
ε ₁₂ x10 ⁻⁶ [mm]	= 97.1	107.8	93.1
μ [mm/mm]	= 0.184	0.185	0.176



6.6. PLANILLAS DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y VOLUMEN DE VACÍOS

↪ C.C. = 300 kg/m³_{H^o} - %RCD = 0 — C.C. = 300 kg/m³_{H^o} - %RCD = 20

	CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 [kg/m ³ _{H^o}] - 0% RCD									CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 [kg/m ³ _{H^o}] - 20% RCD								
	RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3			RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3		
Muestra:	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Masa de la muestra seca: [g]	833	806.9	822.8	916.6	903.2	919.8	878.4	861.1	876.8	889.4	863.3	879.2	836.9	823.5	840.1	868.8	851.5	867.2
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión:	890.6	864.5	880.4	979.9	966.5	983.1	938	920.7	936.4	960.4	934.3	950.2	903.4	890	906.6	941.7	924.4	940.1
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión y ebullición:	891.8	865.7	881.6	981.3	967.9	984.5	939	921.7	937.4	961.8	935.7	951.6	905.1	891.7	908.3	942.3	925	940.7
Masa sumergida aparente de la muestra suspendida en agua, después de	517.1	491	506.9	567.8	554.4	571	544.7	527.4	543.1	551.3	525.2	541.1	518.3	504.9	521.5	536.9	519.6	535.3
Absorción después de inmersión: [%]	6.91	7.14	7.00	6.91	7.01	6.88	6.79	6.92	6.80	7.98	8.22	8.08	7.95	8.08	7.92	8.39	8.56	8.41
Absorción después de inmersión promedio: [%]	7.02			6.93			6.83			8.09			7.98			8.45		
Absorción después de inmersión y Ebullición: [%]	7.06	7.29	7.15	7.06	7.16	7.03	6.90	7.04	6.91	8.14	8.39	8.23	8.15	8.28	8.12	8.46	8.63	8.48
Absorción después de inmersión y Ebullición promedio: [%]	7.16			7.09			6.95			8.25			8.18			8.52		
Densidad seca global (o bruta): [g/cm ³]	2.22	2.15	2.20	2.22	2.18	2.22	2.23	2.18	2.22	2.17	2.10	2.14	2.16	2.13	2.17	2.14	2.10	2.14
Densidad seca global (o bruta) promedio: [g/cm³]	2.19			2.21			2.21			2.14			2.15			2.13		
Densidad global (o bruta) después de inmersión:	2.38	2.31	2.35	2.37	2.34	2.38	2.38	2.34	2.37	2.34	2.28	2.31	2.34	2.30	2.34	2.32	2.28	2.32
Densidad global (o bruta) después de inmersión promedio: [g/cm³]	2.34			2.36			2.36			2.31			2.33			2.31		
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición:	2.38	2.31	2.35	2.37	2.34	2.38	2.38	2.34	2.38	2.34	2.28	2.32	2.34	2.31	2.35	2.32	2.28	2.32
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición promedio: [g/cm³]	2.35			2.36			2.37			2.31			2.33			2.31		
Densidad aparente: [g/cm ³]	2.64	2.55	2.60	2.63	2.59	2.64	2.63	2.58	2.63	2.63	2.55	2.60	2.63	2.58	2.64	2.62	2.57	2.61
Densidad aparente promedio: [g/cm³]	2.60			2.62			2.61			2.59			2.62			2.60		
Volumen de Vacíos (espacio de poros permeables): [%]	15.89	15.39	15.79	15.85	15.35	15.75	15.57	15.07	15.47	17.84	17.34	17.74	17.83	17.33	17.73	18.33	17.83	18.23
Volumen de Vacíos promedio (espacio de poros permeables): [%]	15.69			15.65			15.37			17.64			17.63			18.13		

↵ C.C. = 300 kg/m³_{H^c} - %RCD = 35 — C.C. = 300 kg/m³_{H^c} - %RCD = 50

Muestra:	CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 [kg/m ³ _{H^c}] - 35% RCD									CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 [kg/m ³ _{H^c}] - 50% RCD								
	RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3			RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Masa de la muestra seca: [g]	882.5	874.4	881.3	861.5	850.5	842.5	841.6	822.6	844.4	822.2	814.1	821	763.3	752.3	744.3	829.4	810.4	832.2
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión: [g]	962.9	954.8	961.7	934.4	923.4	915.4	906.3	887.3	909.1	899.1	891	897.9	832.8	821.8	813.8	907.8	888.8	910.6
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión y ebullición: [g]	965.3	957.2	964.1	936.2	925.2	917.2	907.6	888.6	910.4	901.2	893.1	900	834.3	823.3	815.3	909.6	890.6	912.4
Masa sumergida aparente de la muestra suspendida en agua, después de	544.4	536.3	543.2	535	524	516	522	503	524.8	507	498.9	505.8	474.4	463.4	455.4	510.7	491.7	513.5
Absorción después de inmersión: [%]	9.11	9.19	9.12	8.46	8.57	8.65	7.69	7.87	7.66	9.35	9.45	9.37	9.11	9.24	9.34	9.45	9.67	9.42
Absorción después de inmersión promedio: [%]	9.14			8.56			7.74			9.39			9.23			9.52		
Absorción después de inmersión y Ebullición: [%]	9.38	9.47	9.40	8.67	8.78	8.87	7.84	8.02	7.82	9.61	9.70	9.62	9.30	9.44	9.54	9.67	9.90	9.64
Absorción después de inmersión y Ebullición promedio: [%]	9.42			8.77			7.89			9.64			9.43			9.73		
Densidad seca global (o bruta): [g/cm ³]	2.10	2.08	2.09	2.15	2.12	2.10	2.18	2.13	2.19	2.09	2.07	2.08	2.12	2.09	2.07	2.08	2.03	2.09
Densidad seca global (o bruta) promedio: [g/cm³]	2.09			2.12			2.17			2.08			2.09			2.07		
Densidad global (o bruta) después de inmersión: [g/cm ³]	2.29	2.27	2.28	2.33	2.30	2.28	2.35	2.30	2.36	2.28	2.26	2.28	2.31	2.28	2.26	2.28	2.23	2.28
Densidad global (o bruta) después de inmersión promedio: [g/cm³]	2.28			2.30			2.34			2.27			2.29			2.26		
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición: [g/cm ³]	2.29	2.27	2.29	2.33	2.31	2.29	2.35	2.30	2.36	2.29	2.27	2.28	2.32	2.29	2.27	2.28	2.23	2.29
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición promedio: [g/cm³]	2.29			2.31			2.34			2.28			2.29			2.27		
Densidad aparente: [g/cm ³]	2.61	2.59	2.61	2.64	2.60	2.58	2.63	2.57	2.64	2.61	2.58	2.60	2.64	2.60	2.58	2.60	2.54	2.61
Densidad aparente promedio: [g/cm³]	2.60			2.61			2.62			2.60			2.61			2.59		
Volumen de Vacíos (espacio de poros permeables): [%]	19.87	19.37	19.77	18.82	18.32	18.72	17.32	16.82	17.22	20.24	19.74	20.14	19.93	19.43	19.83	20.31	19.81	20.21
Volumen de Vacíos promedio (espacio de poros permeables): [%]	19.67			18.62			17.12			20.04			19.73			20.11		

↵ C.C. = 350 kg/m³_{H₂O} - %RCD = 0 — C.C. = 350 kg/m³_{H₂O} - %RCD = 20

Muestra:	CANTIDAD DE CEMENTO DE 350 [kg/m ³ _{H₂O}] - 0% RCD									CANTIDAD DE CEMENTO DE 350 [kg/m ³ _{H₂O}] - 20% RCD								
	RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3			RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Masa de la muestra seca: [g]	878.4	852.3	868.2	897.2	883.8	900.4	889.1	871.8	887.5	879.1	853	868.9	865.1	851.7	868.3	818.3	801	816.7
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión: [g]	934.2	908.1	924	959.2	945.8	962.4	947	929.7	945.4	949.1	923	938.9	934.6	921.2	937.8	883.2	865.9	881.6
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión y ebullición: [g]	935	908.9	924.8	960.3	946.9	963.5	948.1	930.8	946.5	951.1	925	940.9	936.2	922.8	939.4	884.7	867.4	883.1
Masa sumergida aparente de la muestra suspendida en agua, después de [g]	546.9	520.8	536.7	552.4	539	555.6	551.7	534.4	550.1	544.3	518.2	534.1	532.8	519.4	536	506.7	489.4	505.1
Absorción después de inmersión: [%]	6.35	6.55	6.43	6.91	7.02	6.89	6.51	6.64	6.52	7.96	8.21	8.06	8.03	8.16	8.00	7.93	8.10	7.95
Absorción después de inmersión promedio: [%]	6.44			6.94			6.56			8.08			8.07			7.99		
Absorción después de inmersión y Ebullición: [%]	6.44	6.64	6.52	7.03	7.14	7.01	6.64	6.77	6.65	8.19	8.44	8.29	8.22	8.35	8.19	8.11	8.29	8.13
Absorción después de inmersión y Ebullición promedio: [%]	6.53			7.06			6.68			8.31			8.25			8.18		
Densidad seca global (o bruta): [g/cm ³]	2.26	2.20	2.24	2.20	2.17	2.21	2.24	2.20	2.24	2.16	2.10	2.14	2.14	2.11	2.15	2.16	2.12	2.16
Densidad seca global (o bruta) promedio: [g/cm³]	2.23			2.19			2.23			2.13			2.14			2.15		
Densidad global (o bruta) después de inmersión: [g/cm ³]	2.41	2.34	2.38	2.35	2.32	2.36	2.39	2.35	2.38	2.33	2.27	2.31	2.32	2.28	2.32	2.34	2.29	2.33
Densidad global (o bruta) después de inmersión promedio: [g/cm³]	2.38			2.34			2.37			2.30			2.31			2.32		
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición: [g/cm ³]	2.41	2.34	2.38	2.35	2.32	2.36	2.39	2.35	2.39	2.34	2.27	2.31	2.32	2.29	2.33	2.34	2.29	2.34
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición promedio: [g/cm³]	2.38			2.35			2.38			2.31			2.31			2.32		
Densidad aparente: [g/cm ³]	2.65	2.57	2.62	2.60	2.56	2.61	2.64	2.58	2.63	2.63	2.55	2.60	2.60	2.56	2.61	2.63	2.57	2.62
Densidad aparente promedio: [g/cm³]	2.61			2.59			2.62			2.59			2.59			2.61		
Volumen de Vacíos (espacio de poros permeables): [%]	14.78	14.28	14.68	15.67	15.17	15.57	15.08	14.58	14.98	17.90	17.40	17.80	17.83	17.33	17.73	17.77	17.27	17.67
Volumen de Vacíos promedio (espacio de poros permeables): [%]	14.58			15.47			14.88			17.70			17.63			17.57		

↵ C.C. = 350 kg/m³_{H^c} - %RCD = 35 — C.C. = 350 kg/m³_{H^c} - %RCD = 50

Muestra:	CANTIDAD DE CEMENTO DE 350 [kg/m ³ _{H^c}] - 35% RCD									CANTIDAD DE CEMENTO DE 350 [kg/m ³ _{H^c}] - 50% RCD								
	RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3			RÉPLICA N° 1			RÉPLICA N° 2			RÉPLICA N° 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Masa de la muestra seca: [g]	909	900.9	907.8	818.8	807.8	799.8	826.7	807.7	829.5	846.7	838.6	845.5	797.5	786.5	778.5	843.3	824.3	846.1
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión: [g]	982.7	974.6	981.5	884.6	873.6	865.6	896.4	877.4	899.2	925.4	917.3	924.2	872.1	861.1	853.1	916.4	897.4	919.2
Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión y ebullición: [g]	984.8	976.7	983.6	886.2	875.2	867.2	898.6	879.6	901.4	927.4	919.3	926.2	874.5	863.5	855.5	918.1	899.1	920.9
Masa sumergida aparente de la muestra suspendida en agua, después de [g]	559.9	551.8	558.7	508.1	497.1	489.1	511.1	492.1	513.9	519.9	511.8	518.7	492.7	481.7	473.7	521.1	502.1	523.9
Absorción después de inmersión: [%]	8.11	8.18	8.12	8.04	8.15	8.23	8.43	8.63	8.40	9.29	9.38	9.31	9.35	9.49	9.58	8.67	8.87	8.64
Absorción después de inmersión promedio: [%]	8.14			8.14			8.49			9.33			9.47			8.73		
Absorción después de inmersión y Ebullición: [%]	8.34	8.41	8.35	8.23	8.34	8.43	8.70	8.90	8.67	9.53	9.62	9.54	9.66	9.79	9.89	8.87	9.07	8.84
Absorción después de inmersión y Ebullición promedio: [%]	8.37			8.33			8.76			9.57			9.78			8.93		
Densidad seca global (o bruta): [g/cm ³]	2.14	2.12	2.14	2.17	2.14	2.12	2.13	2.08	2.14	2.08	2.06	2.07	2.09	2.06	2.04	2.12	2.08	2.13
Densidad seca global (o bruta) promedio: [g/cm³]	2.13			2.14			2.12			2.07			2.06			2.11		
Densidad global (o bruta) después de inmersión: [g/cm ³]	2.31	2.29	2.31	2.34	2.31	2.29	2.31	2.26	2.32	2.27	2.25	2.27	2.28	2.26	2.23	2.31	2.26	2.32
Densidad global (o bruta) después de inmersión promedio: [g/cm³]	2.31			2.31			2.30			2.26			2.26			2.29		
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición: [g/cm ³]	2.32	2.30	2.31	2.34	2.31	2.29	2.32	2.27	2.33	2.28	2.26	2.27	2.29	2.26	2.24	2.31	2.26	2.32
Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición promedio: [g/cm³]	2.31			2.32			2.31			2.27			2.26			2.30		
Densidad aparente: [g/cm ³]	2.60	2.58	2.60	2.64	2.60	2.57	2.62	2.56	2.63	2.59	2.57	2.59	2.62	2.58	2.55	2.62	2.56	2.63
Densidad aparente promedio: [g/cm³]	2.59			2.60			2.60			2.58			2.58			2.60		
Volumen de Vacíos (espacio de poros permeables): [%]	18.04	17.54	17.94	18.03	17.53	17.93	18.75	18.25	18.65	20.00	19.50	19.90	20.37	19.87	20.27	19.04	18.54	18.94
Volumen de Vacíos promedio (espacio de poros permeables): [%]	17.84			17.83			18.55			19.80			20.17			18.84		

6.7. PLANILLAS DE LAS RELACIONES VOLUMÉTRICAS

→ VACIADO N° 1: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20 — S/C PARA 140 lts

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN													
VACIADO N° 1: 350 kg/m ³ _H - 20% RCD													
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS				ESPONJAMIENTO			
MATERIAL	DOS-REAL	% HUMEDAD	% ABSORCIÓN	Pe	PUC	PUS	Muestra	Grava	RCD	Arena	Muestra	Arena 1	Arena 2
	kg/m ³	[%]	[%]		kg/m ³	kg/m ³		[g]	[g]	[g]		[cm ³]	[cm ³]
Agua (a):	217.128	***	***	1.000	1000		P. rec	78.4	128.9	113.8	V _o	700	700
Cemento (C):	349.233	***	***	3.010	1407		P. rec + hum	555.9	534.6	361.3	V _f	490	500
Grava (G):	726.459	2.102	1.951	2.594	1639	1499	P. rec + seco	622.8	611.3	449.2	% E	42.9	40
RCD (Gr):	181.602	10.642	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad	2.112	10.821	7.722	% E _{prom}	41	
Arena (A):	742.999	7.626	1.468	2.564	1764	1655	P. rec	76.4	112.1	116.3			
Total:	2217.421						P. rec + hum	551.8	530.0	354.2			
Aire tablas (v):	1.06						P. rec + seco	616.9	591.9	445.7			
a/c:	0.622						% Humedad	2.091	10.463	7.529			

RELACIÓN VOLUMÉTRICA													
MATERIAL	En volumen			Masa seca teórica calc.	DOS-OPER		Masa seca ejecutada	Vol. absolutos materiales	DOS-PUH*		DOS-REAL		OBS.
	Vol. suelto seco	Relación Volumetrica	DOS-OPER		Calculado	Ejecutado			Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	
	m ³	-	-		kg	kg			kg/m ³	m ³	kg/m ³	m ³ /m ³	
Agua (a)	0.217	1.2	0.9	5.376	4.0320	4.0320	4.6959	0.004696	258.5129	0.259	292.513	0.293	
Cemento (C)	0.248	1.0	1.0	6.303	6.3034	3.8617	3.8617	0.001283	240.5496	0.080	240.550	0.080	
Grava (G)	0.485	2.0	2.0	13.431	13.7134	12.1390	11.8891	0.004583	740.5853	0.285	740.585	0.285	
RCD (Gr)	0.140	0.6	0.6	3.492	3.8633	3.4246	3.0952	0.001473	192.8035	0.092	192.803	0.092	
Arena (A)	0.449	1.3	1.8	9.639	14.3637	11.0420	10.2596	0.004001	726.2456	0.283	639.082	0.249	
Aire (v)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	-	-	0.001	
TOTAL	1.539	6.1	6.3	38.241	42.276	34.499	33.8015	0.016036	2158.6969	1.000	2105.533	1.000	

REL. VOL.	C	A	G	RCD	a
DOS-BASE	1.0	1.3	2.0	0.6	1.2
DOS-OPER	1.0	1.8	2.0	0.6	0.9

HORMIGÓN FRESCO												
ASENTAMIENTO (As)			PESO UNITARIO (PUC)				RENDIMIENTO - AIRE					
As (buscado) : [cm]	7.0		P (horm+recip) : [g]	17252.0			Vol. rec. de carguo : [L] - [m ³] = 4.480 - 0.004480					
As (obtenido) : [cm]	24.0		Peso recip : [g]	2345.2			Vol. real (producido) : [L] - [m ³] = 16.054 - 0.016054					
Agua sob/aum : [g]	0.0		Vol recip : [cm ³]	6937.0			Rendimiento : [L] - [m ³] = 16.054 - 0.016054					
Agua asumida S	0.0		PU horm : [kg/m ³]	2149			Aire (calculado) : [%] = 0.110					
							Aire (asumido) : [%] = 0.110					

HORMIGÓN ENDURECIDO												
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario, [kg/m ³]		Observaciones
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida	Promedio	
1			7	31.9	21.6	2.7		3572.6	19.5	2262		
2	25-abr-22	2-may-22	7	32.1	19.8	2.4	2.6	3454.2	19.2	2194	2219.0	
3			7	32.0	20.7	2.5		3565.7	19.6	2233		
4			7	31.9	22.9	2.8		3485.6	19.7	2185		
5			28	32.1	40.0	4.9		3645.3	19.6	2268		
6	25-abr-22	23-may-22	28	32.1	38.8	4.7	4.5	3662.1	19.6	2279	2281.0	
7			28	32.2	33.7	4.1		3660.0	19.4	2287		
8			28	31.9	35.3	4.4		3655.1	19.7	2291		

→ VACIADO N° 2: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20 — C/C PARA 140 lts

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN													
VACIADO N° 2: 350 kg/m ³ _H - 20% RCD													
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS				ESPONJAMIENTO			
MATERIAL	DOS-REAL	% HUMEDAD	% ABSORCIÓN	Pe	PUC	PUS	Muestra	Grava	RCD	Arena	Muestra	Arena 1	Arena 2
	kg/m ³	[%]	[%]		kg/m ³	kg/m ³		[g]	[g]	[g]		[cm ³]	[cm ³]
Agua (a):	217.128	***	***	1.000		1000	P. rec	78.4	128.9	113.8	V _o	700	700
Cemento (C):	349.233	***	***	3.010		1407	P. rec + hum	555.9	534.6	361.3	V _f	490	500
Grava (G):	726.459	2.102	1.951	2.594	1639	1499	P. rec + seco	622.8	611.3	449.2	% E	42.9	40
RCD (Gr):	181.602	10.642	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad	2.112	10.821	7.722	% E _{prom}		41
Arena (A):	742.999	7.626	1.468	2.564	1764	1655	P. rec	76.4	112.1	116.3			
Total:	2217.421						P. rec + hum	551.8	530.0	354.2			
Aire tablas (v):	1.06						P. rec + seco	616.9	591.9	445.7			
a/c:	0.622						% Humedad	2.091	10.463	7.529			

RELACIÓN VOLUMÉTRICA													
MATERIAL	En volumen				DOS-OPER		Masa seca ejecutada	Vol. absolutos materiales	DOS-PUH*		DOS-REAL		OBS.
	Vol. suelto seco	Relación Volumétrica	DOS-OPER	Masa seca teórica calc.	Calculado	Ejecutado			Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	
	m ³	-	-	kg	kg	kg			kg/m ³	m ³ /m ³	kg/m ³	m ³ /m ³	
Agua (a)	0.217	0.9	0.7	4.032	3.1360	2.3018	3.2422	0.003242	202.709	0.203	200.709	0.201	
Cemento (C)	0.248	1.0	1.0	6.303	6.3034	3.8603	3.8603	0.001282	238.973	0.079	238.973	0.079	
Grava (G)	0.485	2.0	2.0	13.431	13.7134	11.9970	11.7500	0.004530	727.386	0.280	727.388	0.280	
RCD (Gr)	0.140	0.6	0.6	3.492	3.8633	2.9704	2.6847	0.001277	166.197	0.079	166.197	0.079	
Arena (A)	0.449	1.8	2.5	13.346	19.9496	15.9110	14.7836	0.005766	909.992	0.355	915.184	0.357	
Aire (v)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	-	-	0.004	
TOTAL	1.539	6.3	6.8	40.604	46.966	37.041	36.3208	0.016097	2245.26	1.000	2248.451	1.000	

REL. VOL.	C	A	G	RCD	a
DOS-BASE	1.0	1.8	2.0	0.6	0.9
DOS-OPER	1.0	2.5	2.0	0.6	0.7

HORMIGÓN FRESCO					
ASENTAMIENTO (As)		PESO UNITARIO (PUc)		RENDIMIENTO - AIRE	
As (buscado) : [cm]	7.0	P (horm+recip) : [g]	18249.0	Vol. rec. de carguio : [L] - [m ³] =	4.480 - 0.004480
As (obtenido) : [cm]	6.0	Peso recip : [g]	2345.2	Vol. real (producido) : [L] - [m ³] =	16.154 - 0.016154
Agua sob/aum : [g]	834.2	Vol recip : [cm ³]	6937.0	Rendimiento : [L] - [m ³] =	16.154 - 0.016154
Agua asumida S	-834.2	PU horm : [kg/m ³]	2293	Aire (calculado) : [%] =	0.351
				Aire (asumido) : [%] =	0.351

HORMIGÓN ENDURECIDO												
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario, [kg/m ³]		Observaciones
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio	
1			7	32.0	121.5	14.9		3781.0	19.9	2332		
2	25-abr.-22	2-may.-22	7	31.8	118.7	14.8	14.9	3718.4	19.5	2370	2384.0	
3			7	32.0	122.1	15.0		3820.6	19.2	2442		
4			7	31.8	121.1	15.0		3772.5	19.6	2392		
5			28	31.9	155.4	19.2		3765.0	19.6	2372		
6	25-abr.-22	23-may.-22	28	32.1	151.7	18.5	19.4	3751.1	19.5	2346	2339.0	
7			28	32.1	159.9	19.5		3715.5	19.8	2289		
8			28	32.0	165.0	20.2		3811.0	19.9	2350		

→ VACIADO N° 3: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20 — S/C PARA 350 lts

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN													
VACIADO N° 3: 350 kg/m ³ _H - 20% RCD													
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS			ESPONJAMIENTO				
MATERIAL	DOS-REAL	% HUMEDAD	% ABSORCIÓN	Pe	PUC	PUS	Muestra	Grava	RCD	Arena	Muestra	Arena 1	Arena 2
	kg/m ³	[%]	[%]		kg/m ³	kg/m ³		[g]	[g]	[g]		[cm ³]	[cm ³]
Agua (a):	217.128	***	***	1.000		1000	P. rec	78.4	128.9	113.8	V _o	700	700
Cemento (C):	349.233	***	***	3.010		1407	P. rec + hum	555.9	534.6	361.3	V _f	490	500
Grava (G):	726.459	2.102	1.951	2.594	1639	1499	P. rec + seco	622.8	611.3	449.2	% E	42.9	40
RCD (Gr):	181.602	10.642	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad	2.112	10.821	7.722	% E _{prom}		41
Arena (A):	742.999	7.626	1.468	2.564	1764	1655	P. rec	76.4	112.1	116.3			
Total:	2217.421						P. rec + hum	551.8	530.0	354.2			
Aire tablas (v):	1.06						P. rec + seco	616.9	591.9	445.7			
a/c:	0.622						% Humedad	2.091	10.463	7.529			

RELACIÓN VOLUMÉTRICA													
MATERIAL	En volumen				DOS-OPER		Masa seca ejecutada	Vol. absolutos materiales	DOS-PUH*		DOS-REAL		OBS.
	Vol. suelto seco	Relación Volumetrica	DOS-OPER	Masa seca teórica calc.	Calculado	Ejecutado			Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	
	m ³	-	-	kg	kg	kg			kg/m ³	m ³ /m ³	kg/m ³	m ³ /m ³	
Agua (a)	0.217	1.2	0.9	5.376	4.0320	4.0320	4.6433	0.004643	281.799	0.282	283.799	0.284	
Cemento (C)	0.248	1.0	1.0	6.303	6.3034	6.3030	6.3030	0.002094	385.240	0.128	385.240	0.128	
Grava (G)	0.485	2.0	2.0	13.431	13.7134	12.0630	11.8147	0.004555	722.115	0.278	722.115	0.278	
RCD (Gr)	0.140	0.6	0.6	3.492	3.8633	3.0337	2.7419	0.001304	167.585	0.080	167.585	0.080	
Arena (A)	0.449	1.3	1.8	9.639	14.3637	10.1540	9.4345	0.003680	581.769	0.227	576.637	0.225	
Aire (v)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	-	-	0.005	
TOTAL	1.539	6.1	6.3	38.241	42.276	35.586	34.9374	0.016276	2138.51	1.000	2135.376	1.000	

REL. VOL.	C	A	G	RCD	a
DOS-BASE	1.0	1.3	2.0	0.6	1.2
DOS-OPER	1.0	1.8	2.0	0.6	0.9

HORMIGÓN FRESCO					
ASENTAMIENTO (As)		PESO UNITARIO (PUc)		RENDIMIENTO - AIRE	
As (buscado) : [cm]	7.0	P (horm+recip) : [g]	17431.0	Vol. rec. de carguio : [L] - [m ³] =	4.480 - 0.004480
As (obtenido) : [cm]	8.0	Peso recip : [g]	2345.2	Vol. real (producido) : [L] - [m ³] =	16.361 - 0.016361
Agua sob/aum : [g]	0.0	Vol recip : [cm ³]	6937.0	Rendimiento : [L] - [m ³] =	16.361 - 0.016361
Agua asumida S	0	PU horm : [kg/m ³]	2175	Aire (calculado) : [%] =	0.521
				Aire (asumido) : [%] =	0.521

HORMIGÓN ENDURECIDO												
Probeta N°	Fecha de		Edad [días]	Perímetro [cm]	Carga [KN]	Resistencia [MPa]		Peso [g]	Altura [cm]	Peso unitario, [kg/m ³]		Observaciones
	Vaciado	Ensayo				Obtenida	Promedio			Obtenida	Promedio	
1			7	31.9	112.8	13.9		3709.0	20.0	2290		
2	25-abr.-22	2-may.-22	7	32.2	112.2	13.6	13.5	3720.1	19.9	2266	2302.0	
3			7	31.9	108.3	13.4		3624.9	19.6	2284		
4			7	31.9	107.2	13.2		3722.2	19.4	2369		
5			28	31.8	151.4	18.8		3709.0	19.8	2328		
6	25-abr.-22	23-may.-22	28	31.9	150.6	18.6	18.2	3710.8	19.9	2303	2294.0	
7			28	32.0	145.3	17.8		3624.9	19.6	2270		
8			28	32.1	143.9	17.5		3619.5	19.4	2275		

→ VACIADO N° 4: C.C. = 350 kg/m³_H - %RCD = 20 — C/C PARA 350 lts

IEM - LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN													
VACIADO N° 4: 350 kg/m ³ _H - 20% RCD													
CARACTERÍSTICAS						HUMEDADES DE LOS AGREGADOS			ESPONJAMIENTO				
MATERIAL	DOS-REAL	% HUMEDAD	% ABSORCIÓN	Pe	PUC	PUS	Muestra	Grava	RCD	Arena	Muestra	Arena 1	Arena 2
	kg/m ³	[%]	[%]		kg/m ³	kg/m ³		[g]	[g]	[g]		[cm ³]	[cm ³]
Agua (a):	217.128	***	***	1.000		1000	P. rec	78.4	128.9	113.8	V _o	700	700
Cemento (C):	349.233	***	***	3.010		1407	P. rec + hum	555.9	534.6	361.3	V _f	490	500
Grava (G):	726.459	2.102	1.951	2.594	1639	1499	P. rec + seco	622.8	611.3	449.2	% E	42.9	40
RCD (Gr):	181.602	10.642	10.186	2.102	1231	1299	% Humedad	2.112	10.821	7.722	% E _{prom}		41
Arena (A):	742.999	7.626	1.468	2.564	1764	1655	P. rec	76.4	112.1	116.3			
Total:	2217.421						P. rec + hum	551.8	530.0	354.2			
Aire tablas (v):	1.06						P. rec + seco	616.9	591.9	445.7			
a/c:	0.622						% Humedad	2.091	10.463	7.529			

RELACIÓN VOLUMÉTRICA													
DOSIFICACIÓN CON ESPONJAMIENTO													
MATERIAL	En volumen				DOS-OPER		Masa seca ejecutada	Vol. absolutos materiales	DOS-PUH*		DOS-REAL		OBS.
	Vol. suelto seco	Relación Volumetrica	DOS-OPER	Masa seca teórica calc.	Calculado	Ejecutado			Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	Dos. Ajustada por PU	Vol. Absoluto de materiales	
	m ³	-	-	kg	kg	kg			kg/m ³	m ³ /m ³	kg/m ³	m ³ /m ³	
Agua (a)	0.217	0.9	0.7	4.032	3.1360	2.6363	3.6133	0.003613	203.961	0.204	205.961	0.206	
Cemento (C)	0.248	1.0	1.0	6.303	6.3034	6.3030	6.3030	0.002094	359.276	0.119	359.277	0.119	
Grava (G)	0.485	2.0	2.0	13.431	13.7134	11.8610	11.6168	0.004478	662.167	0.255	662.168	0.255	
RCD (Gr)	0.140	0.6	0.6	3.492	3.8633	2.9970	2.7087	0.001289	154.398	0.073	154.398	0.073	
Arena (A)	0.449	1.8	2.5	13.346	19.9496	16.5530	15.3801	0.005998	881.699	0.344	876.680	0.342	
Aire (v)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	-	-	0.004	
TOTAL	1.539	6.3	6.8	40.604	46.966	40.350	39.6219	0.017472	2261.50	1.000	2258.485	1.000	

REL. VOL.	C	A	G	RCD	a
DOS-BASE	1.0	1.8	2.0	0.6	0.9
DOS-OPER	1.0	2.5	2.0	0.6	0.7

HORMIGÓN FRESCO					
ASENTAMIENTO (As)		PESO UNITARIO (PUc)		RENDIMIENTO - AIRE	
As (buscado) : [cm]	7.0	P (horm+recip) : [g]	18300.0	Vol. rec. de carguio : [L] - [m ³] =	4.480 - 0.004480
As (obtenido) : [cm]	8.0	Peso recip : [g]	2345.2	Vol. real (producido) : [L] - [m ³] =	17.544 - 0.017544
Agua sob/aum : [g]	499.7	Vol recip : [cm ³]	6937.0	Rendimiento : [L] - [m ³] =	17.544 - 0.017544
Agua asumida S	-499.7	PU horm : [kg/m ³]	2300	Aire (calculado) : [%] =	0.408
				Aire (asumido) : [%] =	0.408

HORMIGÓN ENDURECIDO											
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia [MPa]		Peso	Altura	Peso unitario, [kg/m ³]	Observaciones
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio	[g]	[cm]	Obtenida Promedio	
1			7	32.1	189.4	23.1		3783.1	19.8	2330	
2	25-abr.-22	2-may.-22	7	32.0	183.1	22.5	22.3	3857.9	20.0	2367	2342.0
3			7	32.2	180.3	21.9		3829.3	20.0	2321	
4			7	31.9	175.8	21.7		3785.1	19.9	2349	
5			28	32.2	224.0	27.1		3780.6	19.9	2303	
6	25-abr.-22	23-may.-22	28	32.1	221.5	27.0	27.5	3791.7	19.8	2335	2341.0
7			28	32.1	230.8	28.1		3817.1	19.5	2387	
8			28	32.0	227.4	27.9		3813.9	20.0	2340	

6.8. APLICACIÓN DEL PROYECTO

Se realizó la aplicación del hormigón tomando en cuenta la siguiente licitación:

- ▲ Licitación: ST. Viviendas para profesores bloque B – U.E. Malla
- ▲ Cuce: 22-1254-00-1160162-1-1
- ▲ Entidad: Gobierno Autónomo Municipal De Malla
- ▲ Departamento: La Paz
- ▲ Resistencia de diseño: 21 MPa

↪ Presupuesto de infraestructura con el hormigón de 300 kg/m³_H - 0% agregado RCD

INFRAESTRUCTURA - CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 [kg/m ³ _H] - 0% DE AGREGADO RCD					
ITEM	Descripción	Und	Cant.	Precio Unitario (Bs)	Precio Parcial (Bs)
1	Excavación de cimientos terreno semi duro	M3	24.79	93.81	2325.53
2	Base de hormigón pobre	M2	14.33	600.53	8605.63
3	Zapatas de H°A°	M3	5.73	1688.61	9675.71
4	Columnas de H°A°	M3	3.19	2104.80	6714.32
5	Relleno y compactado	M3	13.81	69.64	961.66
6	Vigas de H°A°	M3	5.40	2087.43	11272.10
7	Losa alivianada de H°A°	M2	51.64	620.48	32041.67
8	Escalera de H°A°	M3	1.32	2304.76	3042.29
9	Cubierta de calamina galv. N°28 con estructura de metal	M2	78.08	369.38	28840.88
PRECIO TOTAL					103479.79

↪ Presupuesto de infraestructura con el hormigón de 300 kg/m³_H - 35% agregado RCD

INFRAESTRUCTURA - CANTIDAD DE CEMENTO DE 300 [kg/m ³ _H] - 35% DE AGREGADO RCD					
ITEM	Descripción	Und	Cant.	Precio Unitario (Bs)	Precio Parcial (Bs)
1	Excavación de cimientos terreno semi duro	M3	24.79	93.81	2325.53
2	Base de hormigón pobre	M2	14.33	600.53	8605.63
3	Zapatas de H°A°	M3	5.73	1692.48	9697.91
4	Columnas de H°A°	M3	3.19	2108.68	6726.68
5	Relleno y compactado	M3	13.81	69.64	961.66
6	Vigas de H°A°	M3	5.40	2091.30	11293.02
7	Losa alivianada de H°A°	M2	51.64	623.43	32194.15
8	Escalera de H°A°	M3	1.32	2308.64	3047.40
9	Cubierta de calamina galv. N°28 con estructura de metal	M2	78.08	369.38	28840.88
PRECIO TOTAL					103692.85

De las tablas se obtiene una diferencia del precio de construcción de Bs. 213.06.

6.9. COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO DE GRADO Y PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL

Se realizó un análisis del costo del proyecto de grado como se muestra en la planilla del anexo N° 6.9.1. en donde estuvieron involucrados el gobierno municipal de La Paz (GAMLP) y el Instituto de Ensayo de Materiales (IEM) como se observa en el punto 3.2. Concluido el proyecto se determinó el costo de la misma con un valor de Bs. 96576.36 y en consecuencia se tuvo el porcentaje de participación, siendo:

- ↳ Gobierno autónomo municipal de La Paz (GAMLP) = 0.31%
- ↳ Instituto de Ensayo de Materiales (IEM) = 99

6.9.1. PLANILLA DEL COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO DE GRADO

ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO - NATURAL Y RECICLADO				
Ensayo	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Granulometría	4.00	Ensayo	212.00	848.00
Peso específico	4.00	Ensayo	185.00	740.00
Peso unitario	4.00	Ensayo	166.00	664.00
Desgaste de los ángeles	4.00	Ensayo	275.00	1100.00
Partículas planas y alargadas	4.00	Ensayo	390.00	1560.00
Tamiz 200	4.00	Ensayo	185.00	740.00
			TOTAL, BS	5652.00

ENSAYOS DEL AGREGADO FINO - NATURAL				
Ensayo	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Granulometría	2.00	Ensayo	167.00	334.00
Peso específico	2.00	Ensayo	320.00	640.00
Peso unitario	2.00	Ensayo	133.00	266.00
Tamiz 200	2.00	Ensayo	185.00	370.00
			TOTAL, BS	1610.00

HORMIGÓN				
Ensayo/actividad/servicio	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Revolturas	72.00	Ensayo	463.00	33336.00
Dosificaciones	12.00	Ensayo	2418.00	29016.00
Curado de probetas - 7 días (12 probetas)	136.00	Probeta/día	13.00	1031.33
Curado de probetas - 28 días (12 probetas)	232.00	Probeta/día	13.00	7037.33
Compresión de probetas	320.00	Ensayo	35.00	11200.00
Módulo de elasticidad	24.00	probeta	220.00	5280.00
Absorción	24.00	probeta	60.00	1440.00
			TOTAL, BS	88340.67

PROVISIÓN DE MATERIALES - otros				
Material/actividad	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Cemento	8.00	Bolsa	50.00	400.00
Grava	1.00	m ³	98.60	98.60
RCD	3.00	m ³	98.83	296.59
Arena	3.00	m ³	100.00	300.00
			TOTAL, BS	1095.09

COSTO TOTAL, Bs	96697.76
COSTO TOTAL, \$US (T/C = 6.96 Bs/\$us)	13893.36

6.9.2. PLANILLA DE LA PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL

INSTITUCIÓN	I.E.M.	EMAVERDE
INSTALACIONES	100 %	-
AGUA	100 %	-
ELECTRICIDAD	100 %	-
EQUIPOS	100 %	-
ARENA	100 %	-
GRAVA	100 %	-
RCD	-	100 %
COSTO TOTAL		
	Bs.	96697.76
COSTO APORTE AL PROYECTO (IEM)		
	Bs.	96401.27
COSTO APORTE AL PROYECTO (RCD - EMAVERDE)		
	Bs.	296.5
% APORTE AL PROYECTO (IEM)		
		99.69 %
% APORTE AL PROYECTO (EMAVERDE)		
		0.31 %

6.10. NORMATIVA ESPAÑOLA (EHE-08) DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD)

REQUISITOS EXIGIDOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS A LOS AGREGADOS RECICLADOS SEGÚN EHE-08		
Requisitos	Agregado Grueso Reciclado (RCD)	
	Limite	Método de evaluación
Max. Contenido de arena	< 5%	UNE-EN-933-1
Tamaño mínimo del agregado grueso	> 4 mm	UNE-EN-933-1
Densidad de las partículas	-	UNE-EN-933-1097-6
Absorción de agua	< 7	UNE-EN-933-1097-6
Material más fino que el Tamiz 0,063 (Tamiz N° 230)	-	UNE-EN-933-1
Desgaste "Los Ángeles"	< 40	UNE-EN-1097-2
Porcentaje de partículas planas y alargadas	-	-

Tabla N° 6-1: Normativa Española del agregado grueso reciclado (RCD)

Fuente: Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08, 2011



DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-3077/2023
La Paz, 19 de Octubre del 2023

VISTOS:

La solicitud de inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha 12 de Octubre del 2023, por CARLOS ISRAEL SALAZAR FLORES con C.I. N° 4924029 LP, con número de trámite DA 1635/2023, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: "ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE UN HORMIGÓN TRADICIONAL Y OTRO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD) PARA APLICACIÓN ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS", cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios".

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



Oficina Central - La Paz
Av. Pío Barón, N° 20,
entre las calles Saguro y
1. Escuela Simón
BOL., 26000
Telf.: 26000 - 26000

Oficina - Santa Cruz
Av. Saguro, Calle
Independencia 31000,
N° 25, 360 - 36000000
Telf.: 36000 - 360000

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 111
entre la de Julia y Antonio,
36000 - 360000 - 360000

Oficina - Oruro
Av. Juan Pablo I, N° 2000
Calle Huancabamba 31100
Calle Pío I, 31 - 31
entre la de Julia
Telf.: 31000 - 310000

Oficina - Sucre
Calle Bolívar, N° 20
Calle Saguro, Sucre
Calle Pío Barón,
Telf.: 26000

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calle Oro Negro y Avenida
Calle Santa Cruz, N° 200
Telf.: 320000

Oficina - Trasluz
Calle 6 de Agosto N° 2000
entre Saguro y Julia,
Calle Bolívar, N° 20
Telf.: 360000

Oficina - Potosí
Av. Bolívar entre calles
Independencia y San Martín,
Calle Bolívar, N° 20
entre Pío I, N.º 1
Telf.: 360000

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulada: **"ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE UN HORMIGÓN TRADICIONAL Y OTRO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO (RCD) PARA APLICACIÓN ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS"**, a favor del autor y titular: **CARLOS ISRAEL SALAZAR FLORES** con C.I. N° 4924029 LP, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



CASA/411
e.p. Arch.

[Handwritten Signature]
Abg. Carlos Alberto Saco Arroyo
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

Nombre: Carlos Israel Salazar Flores
C.I.: 4924029 L.P.
Celular: 70139631
Dirección: Calle Aranzaes "C" N°200 Zona Sopocachi
Correo: carlossalazar07carel@gmail.com