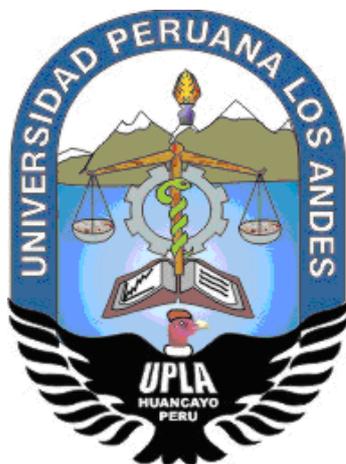


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**USO DEL CONCRETO RECICLADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS BÁSICAS EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO – 2018**

PRESENTADO POR:

BACH. ERICK ELOY GALVAN ARIAS.

Línea de investigación Institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**Huancayo – Perú
2020**

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza.

Asesor

Dedicatoria

- A Dios por guiar mi camino día a día.
- A mis padres por su apoyo incondicional.

Galván Arias, Erick Eloy.

Agradecimiento

- Al Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza por impartir sus conocimientos para el desarrollo de esta investigación.

Galván Arias, Erick Eloy.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio Aurelio Torres López.
Presidente

Jurado revisor

Jurado revisor

Jurado revisor

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.
Secretario docente

ÍNDICE

| | |
|--------------------------|-------------|
| ÍNDICE DE TABLAS | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xi |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUCCIÓN | xv |

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 1.1. Planteamiento del problema | 17 |
| 1.2. Formulación y sistematización del problema | 18 |
| 1.2.1. Problema general | 18 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 18 |
| 1.3. Justificación | 19 |
| 1.3.1. Práctica o social | 19 |
| 1.3.2. Metodológica | 19 |
| 1.4. Delimitaciones | 19 |
| 1.4.1. Espacial | 19 |
| 1.4.2. Temporal | 20 |
| 1.4.3. Económica | 20 |
| 1.5. Limitaciones | 20 |
| 1.6. Objetivos | 20 |
| 1.6.1. Objetivo general | 20 |
| 1.6.2. Objetivos específicos | 20 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|-------------------------------------|----|
| 2.1. Antecedentes | 22 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 22 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 24 |
| 2.2. Marco conceptual | 26 |
| 2.2.1. Agregado | 26 |
| 2.2.2. Agregado reciclado | 26 |
| 2.2.3. Concreto | 26 |

| | |
|---|----|
| 2.2.4. Diseño de mezcla | 27 |
| 2.2.5. Asentamiento | 27 |
| 2.2.6. Contenido de aire | 29 |
| 2.2.7. Rendimiento | 30 |
| 2.2.8. Tiempo de fraguado | 31 |
| 2.2.9. Exudación | 32 |
| 2.2.10. Resistencia a la compresión | 35 |
| 2.2.11. Ensayos para determinar la resistencia a la flexión | 37 |
| 2.2.12. Resistencia a la tracción | 39 |
| 2.2.13. Módulo de elasticidad y coeficiente de poisson | 39 |
| 2.3. Definición de términos | 40 |
| 2.4. Hipótesis | 41 |
| 2.4.1. Hipótesis general | 41 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas | 41 |
| 2.5. Variables | 41 |
| 2.5.1. Definición conceptual de la variable | 41 |
| 2.5.2. Definición operacional de la variable | 42 |
| 2.5.3. Operacionalización de la variable | 42 |

CAPITULO III METODOLOGÍA

| | |
|--|----|
| 3.1. Método de investigación | 43 |
| 3.2. Tipo de investigación | 43 |
| 3.3. Nivel de investigación | 43 |
| 3.4. Diseño de investigación | 44 |
| 3.5. Población y muestra | 44 |
| 3.5.1. Población | 44 |
| 3.5.2. Muestra | 45 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 45 |
| 3.6.1. Técnicas | 45 |
| 3.6.2. Instrumentos | 46 |
| 3.7. Procesamiento de la información | 46 |
| 3.8. Procedimiento de la investigación | 46 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 3.9. Técnicas y análisis de datos | 48 |
|-----------------------------------|----|

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

| | |
|--|----|
| 4.1. Propiedades físicas del concreto reciclado | 49 |
| 4.1.1. Asentamiento | 49 |
| 4.1.2. Peso unitario | 51 |
| 4.1.3. Rendimiento | 53 |
| 4.1.4. Contenido de aire | 55 |
| 4.1.5. Exudación | 56 |
| 4.1.6. Tiempo de fraguado | 57 |
| 4.2. Propiedades mecánicas del concreto reciclado | 60 |
| 4.2.1. Resistencia a la compresión | 60 |
| 4.2.2. Resistencia a la tracción | 64 |
| 4.2.3. Resistencia a la flexión | 67 |
| 4.2.4. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson. | 70 |
| 4.3. Comportamiento estructural de viviendas básicas con concreto reciclado. | 74 |
| 4.3.1. Peso de la vivienda | 74 |
| 4.3.2. Fuerza cortante en la base | 74 |
| 4.3.3. Desplazamientos | 75 |
| 4.3.4. Costos | 76 |

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

| | |
|--|-----------|
| 5.1. Propiedades físicas del concreto reciclado | 77 |
| 5.2. Propiedades mecánicas del concreto reciclado | 79 |
| 5.3. Comportamiento estructural de viviendas básicas con concreto reciclado | 80 |
| CONCLUSIONES | 82 |
| RECOMENDACIONES | 83 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 84 |
| ANEXOS | 86 |
| ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA | 87 |
| ANEXO N° 02: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA DE CONCRETO RECICLADO | 89 |

| | |
|--|-------------------------------|
| ANEXO N° 03: PREPARACIÓN DEL CONCRETO RECICLADO | 131 |
| ANEXO N° 04: COSTO DEL CONCRETO RECICLADO | 139 |
| ANEXO N° 05: ENSAYOS DE LABORATORIO | 155 |
| ANEXO N° 06: PANEL FOTOGRÁFICO | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clases de mezclas según su asentamiento. | 27 |
| Tabla 2. Tiempos programados para la rotura. | 35 |
| Tabla 3. Factor de corrección para L/D | 36 |
| Tabla 4. Operacionalización de las variables. | 42 |
| Tabla 5. Población para las propiedades físicas del concreto. | 44 |
| Tabla 6. Población para las propiedades mecánicas del concreto. | 45 |
| Tabla 7. Características de los diseños de mezcla. | 47 |
| Tabla 8. Asentamiento de las mezclas de concreto. | 49 |
| Tabla 9. Peso unitario de las mezclas de concreto. | 51 |
| Tabla 10. Rendimiento de las mezclas de concreto. | 53 |
| Tabla 11. Contenido de aire en las mezclas de concreto. | 55 |
| Tabla 12. Exudación de las mezclas de concreto. | 57 |
| Tabla 13. Resistencia a la compresión. | 60 |
| Tabla 14. Resistencia a la tracción. | 64 |
| Tabla 15. Resistencia a la flexión. | 67 |
| Tabla 16. Costo de la utilización de concreto convencional y reciclado. | 76 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación del área de estudio. | 19 |
| Figura 2. Asentamiento de las mezclas de concreto de $f'c$: 210 kg/cm ² . | 50 |
| Figura 3. Asentamiento de las mezclas de concreto de $f'c$: 280 kg/cm ² . | 50 |
| Figura 4. Peso unitario de diseños con $f'c$: 210 kg/cm ² . | 52 |
| Figura 5. Peso unitario de diseños con $f'c$: 280 kg/cm ² . | 52 |
| Figura 6. Rendimiento de diseños con $f'c=210$ kg/cm ² . | 54 |
| Figura 7. Rendimiento de diseños con $f'c=280$ kg/cm ² . | 54 |
| Figura 8. Contenido de aire en diseños con $f'c=210$ kg/cm ² . | 56 |
| Figura 9. Contenido de aire en diseños con $f'c=280$ kg/cm ² . | 56 |
| Figura 10. Exudación del concreto en estado fresco. | 57 |
| Figura 11. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$: 210 kg/cm ² con agregado natural con aditivo. | 58 |
| Figura 12. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$: 210 kg/cm ² con agregado reciclado sin aditivo. | 58 |
| Figura 13. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$: 280 kg/cm ² con agregado natural sin aditivo. | 59 |
| Figura 14. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$. 280 kg/cm ² con agregado reciclado y aditivo. | 59 |
| Figura 15. Resistencia a la compresión de diseños con $f'c = 210$ kg/cm ² . | 61 |
| Figura 16. Resistencia a la compresión de diseños con $f'c = 280$ kg/cm ² | 62 |
| Figura 19. Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 210$ kg/cm ² . | 66 |
| Figura 20. Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 280$ kg/cm ² . | 66 |
| Figura 21. Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 210$ kg/cm ² . | 69 |
| Figura 22. Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 280$ kg/cm ² . | 69 |
| Figura 23. Módulo de elasticidad de diseño con $f'c= 210$ kg/cm ² con agregado natural con aditivo. | 71 |
| Figura 24. Módulo de elasticidad de diseño con $f'c= 210$ kg/cm ² con agregado reciclado sin aditivo. | 71 |
| Figura 25. Módulo de elasticidad de diseño con $f'c= 280$ kg/cm ² con agregado natural sin aditivo. | 72 |

| | |
|---|----|
| Figura 26. Módulo de elasticidad de diseño con $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con agregado reciclado con aditivo. | 72 |
| Figura 27. Coeficiente de Poisson. | 73 |
| Figura 28. Peso total de la vivienda. | 74 |
| Figura 29. Cortante basal. | 75 |
| Figura 30. Módulo de elasticidad del concreto. | 76 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál Será el resultado de usar el concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo - 2018?; el objetivo general fue: Evaluar el uso de agregados reciclados en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo – 2018; y la hipótesis general que se verificó fue: Si es posible el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo – 2018.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue la aplicada, de nivel descriptivo - explicativo y diseño experimental. La población estuvo conformada por 1026 especímenes, además no se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo, debido a que la población fue pequeña.

Como conclusión principal se tuvo que, técnicamente el uso del concreto reciclado no difiere significativamente del concreto convencional; sin embargo, al representar un alto costo de producción, económicamente este no es viable para la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo.

Palabras clave: Concreto reciclado, agregado reciclado, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The general problem of this research was: Is it possible to use recycled concrete in the construction of basic housing in the province of Huancayo - 2018; the general objective was: To analyze the use of recycled aggregates in the construction of basic housing in the province of Huancayo - 2018; and the general hypothesis that was verified was: If it is possible to use recycled concrete in the construction of basic housing in the province of Huancayo - 2018.

The general method of investigation was the scientific one, the type of investigation was applied, of descriptive - explanatory level and experimental design. The population was conformed by 1026 specimens, in addition the technique of sampling was not used, but the census, because the population was small.

As a main conclusion, it was necessary that technically the use of recycled concrete does not differ significantly from conventional concrete; however, since it represents a high production cost, it is not economically viable for the construction of basic housing in the province of Huancayo.

Keywords: Recycled concrete, recycled aggregate, physical properties, mechanical properties.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: Uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo - 2018, tiene como objetivo analizar el uso de agregados reciclados en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo, para tal efecto se realizó el acopio de agregado reciclado con la finalidad de obtener como varían las propiedades físicas y mecánicas del concreto al considerarlo como un sustituto del agregado convencional; además a ello se ha modelado un estructura con el fin de evaluar su comportamiento estructural. Con los resultados obtenidos se pretende dar a conocer los efectos que tiene el uso del agregado reciclado en el concreto con el fin de darle un uso alternativo.

El desarrollo de este estudio está estructurado en 5 capítulos, que son los siguientes:

Capítulo I; Problema de la Investigación: Trata sobre el problema, el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y los objetivos general y específicos.

Capítulo II; Marco Teórico: Aquí se desarrolla el marco teórico, los antecedentes de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, se formula las hipótesis y las variables especificando le definición conceptual, operacional y la operacionalizacion de las mismas.

Capítulo III; Metodología: se describen el método, tipo, nivel y diseño de la investigación, además de la población y la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información, el procedimiento de la investigación, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV; Resultados: se desarrollan los resultados de la investigación.

Capítulo V; Discusión de Resultados: se considera la discusión de los resultados obtenidos en el capítulo anterior.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Galván Arias, Erick Eloy.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial según Enshassi, Kochendoerfer, y Rizq (2014) el sector de la construcción se ha desarrollado aceleradamente, beneficiando a la economía de muchos países; sin embargo, adjunto a este crecimiento ha surgido una problemática de contaminación debido a que en muchas de las ciudades no cuentan con zonas exclusivas para el almacenamiento de materiales excedentes de la construcción como el concreto, acero, etc.; perjudicando así al medio ambiente.

En el Perú al igual que en muchos países de Latinoamérica, el crecimiento del sector construcción ha generado la acumulación de residuos provenientes de las demoliciones; estos debido a que no cuentan con un lugar de adecuación; afectando así a ecosistemas y la armonía urbanística de las ciudades; tal como lo señala el diario El correo (2014); pues según este, avenidas, playas y riberas de ríos son contaminados mayormente por residuos provenientes de la construcción en todo el país; agravándose dicha situación en playas, tal es el caso de Carpayo en el Callao, en la que se retiró aproximadamente 70 toneladas de residuos de construcciones.

En el departamento de Junín y en especial la ciudad de Huancayo, no existe botaderos o lugares adecuados de disposición de materiales excedentes de construcciones, lo cual ha generado que ríos como el Mantaro y Shullcas se vean afectados, pues la mayoría de estos residuos son colocados en sus orillas; originando contaminación, alteración de ecosistemas e incrementando el peligro a inundación debido por la reducción de los cauces (El correo, 2014).

Lo antes descrito demuestra que al construir es necesario tener en cuenta como se dispondrán los desechos pues la mala disposición puede traer diversos problemas afectando así a la población; por lo que es de suma importancia buscar alternativas de uso a estos residuos, pues debido a su composición pueden ser reutilizados. En tal sentido la presente investigación pretendió establecer si el uso de estos materiales presenta un adecuado comportamiento al considerarlo como agregado del concreto; con la finalidad de darle un uso alternativo.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el resultado de usar el concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo - 2018?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo varía las propiedades físicas del concreto, el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas?
- b) ¿Cuál es la variación en las propiedades mecánicas del concreto, al usar el concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas?
- c) ¿Cómo es el comportamiento estructural de viviendas básicas al usar concreto reciclado?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

La justificación social o práctica existe en una investigación, si en esta se pretende dar soluciones a un problema real que afecta a una determinada población, en este sentido en la presente investigación presentó este tipo de justificación debido a que se buscó dar un uso alternativo de los residuos de la construcción debido a que no existen zonas adecuadas para su disposición y más aún perjudican el medio ambiente.

1.3.2. Metodológica

La presente investigación presentó justificación metodológica debido a que se propuso una metodología para determinar la cantidad de material reciclado para la elaboración de concreto; además, esta servirá en estudios similares bajo escenarios distintos.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación se realizó en el distrito y provincia de Huancayo, en el departamento de Junín.



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Fuente: Google Earth (2019).

1.4.2. Temporal

La presente investigación se desarrolló durante los meses de setiembre a diciembre del año 2018 y durante el año 2019.

1.4.3. Económica

El desarrollo de esta investigación no recibió aporte alguno de instituciones externas, por lo que fue asumida en su totalidad por el investigador.

1.5. Limitaciones

- No existe información adecuada de las propiedades físicas y mecánicas del concreto reciclado con residuos de materiales de construcción.
- Al no existir una zona formal de acopio del concreto reciclado, se tuvo que ir a diferentes zonas y empresas responsables de su disposición.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el uso de agregados reciclados en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo - 2018.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Establecer la variación de las propiedades físicas del concreto, el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas.
- b) Determinar la variación en las propiedades mecánicas del concreto, el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas.

- c) Analizar el comportamiento estructural de viviendas básicas al usar concreto reciclado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Martinez y Mendoza (2006) realizaron la investigación: “Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados”, siendo el objetivo presentar el desempeño de concretos fabricados con agregados reciclados obtenidos a partir de cilindros de concreto premezclado y diferentes consumos de cemento. Realizaron ensayos de propiedades en estado fresco que fueron revenimiento, peso volumétrico fresco y contenido de aire, y en estado endurecido estudiaron la resistencia a la compresión, resistencia a la tensión, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad.

Los resultados mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados es similar al del concreto con agregados naturales, lo que sugiere que puede utilizarse como un concreto de clase dos.

Concluyeron que, el agregado reciclado con granulometría adecuada produce mezclas de buena calidad y con un

comportamiento mecánico similar al de los concretos naturales. El agregado reciclado tiene su mejor aplicación en consumos de cemento bajos hasta 300 kg/m^3 , debido a que para consumos mayores pueden resultar mezclas antieconómicas.

Bedoya y Dzul (2015) desarrollaron la investigación: “El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana” estableciéndose como objetivo la confección de un concreto usando agregados reciclados obtenidos de la valorización de escombros de concreto y mampostería. Mostraron aspectos como resistencia al esfuerzo de la compresión a 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días; porosidad, velocidad de pulso ultrasónico y carbonatación; costo económico en comparación con un concreto convencional. Utilizaron porcentajes del 25 %, 50 % y 100 % de agregados fino y gruesos reciclados respecto a la mezcla total.

Los resultados obtenidos con sustituciones de agregados naturales por agregados reciclados gruesos y finos, permitieron deducir la posibilidad de confeccionar concretos estructurales y no estructurales para uso masivo en la construcción.

Concluyeron que, los agregados que se toman del reciclaje de los escombros pueden usarse como materiales para construcción de concreto debido a que todas las mezclas de concreto no se requieren para uso estructural. Sin embargo, fue posible fabricar concretos para uso estructural si a la mezcla se le sustituye el 25 % de agregados reciclados, esta mantuvo casi igual sus propiedades con respecto a la referencia.

Pérez (2012) realizó la investigación: “Triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto” cuyo objetivo fue examinar la posibilidad de utilizar ladrillo triturado como agregado grueso en la elaboración de concreto, sustituyo el agregado natural grueso por triturado de ladrillo en

diferentes proporciones (0, 10, 20 y 30%). Analizó las propiedades químicas del ladrillo reciclado, así como las propiedades mecánicas del concreto endurecido (flexión y compresión a los 28 días).

Los resultados mostraron que fue viable utilizar el reciclado de ladrillo triturado en forma de agregado grueso en una relación máxima de 30 % respecto al total de la mezcla para elaborar el concreto.

En conclusión, el reciclado de ladrillo triturado al incluirlo en la fabricación de concreto se muestra como una solución que promete dar solución al problema de los residuos de ladrillo que se descartan en la fabricación, construcciones o demolición de estructuras.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Asencio (2014) realizó la investigación: “Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, siendo el objetivo del trabajo presentar el efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto de $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$, obtenidos a partir de la elaboración de especímenes estándar según norma NTP 339.183:2013 o ASTM C 192, con agregados de concreto reciclado y agregados naturales para un $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ de diseño a los 28 días de edad.

Los resultados experimentales mostraron que la resistencia a la compresión del concreto de $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados de concreto reciclado es 15.49 % menor que el concreto de $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados naturales.

En conclusión, para que llegara a la resistencia requerida ($f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$), el concreto elaborado con agregados de concreto reciclado, necesita 1 bolsa/ m^3 más de cemento, lo cual hace que

el costo fuera un 2.8 % más caro que el que el concreto elaborado con agregados naturales.

Ramos (2018) realizó la investigación: “Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de Lince, Lima 2018” para ello consideró como objetivo principal determinar qué dosificación del concreto reciclado pudo utilizarse en unidades de pavimento de bajo tránsito con la incorporación de agregados reciclados (fino y grueso) en 0, 10, 30 y 50 %. Luego de obtener todas las características realizó el diseño de mezcla para el adoquín patrón $f'c: 320 \text{ kg/cm}^2$ con una dosificación de (1:1.62:1.75), los diseños de mezclas de los adoquines reciclados con 10 % de agregados reciclados (M1) con una dosificación de (1:1.46:1.57), 30 % de agregados reciclados (M2) con una dosificación de (1:1.14:1.22) y 50 % de agregados reciclados (M3) con una dosificación de (1:0.81:0.87). Realiza los ensayos a concreto fresco evaluando el slump y al concreto endurecido, evaluando la resistencia compresión, flexión y absorción.

Los resultados muestran que la dosificación de concreto reciclado que permite utilizarse para los adoquines de bajo tránsito es con el 10 % de agregados reciclados.

Concluyó que, solo son factibles el uso los agregados reciclados con el 10 %, porque cumplen con la Norma técnica vigente.

Tafur (2015) desarrolló la investigación: “Estudio del comportamiento físico-mecánico del concreto diseñado y elaborado con agregado grueso reciclado en la ciudad de Cajamarca” estableciendo como objetivo la elaboración de un nuevo concreto con agregado grueso obtenido de concreto reciclado. Elaboró probetas con el agregado grueso del concreto reciclado y sus propiedades mecánicas se compararon con las de

un concreto elaborado con agregados naturales. En el diseño de mezclas usó el método del módulo de finura de la combinación de agregados, con sus respectivos ajustes que fueron necesarios. La resistencia especificada de diseño fue de $f'c$: 210 kg/cm².

Los resultados dieron una diferencia de resistencia de 4.15 % entre ambos diseños; de esta manera el diseño elaborado con agregado grueso reciclado tiene una resistencia de 228.36 kg/cm², mientras que del concreto convencional es de 218.65 kg/cm².

Concluyó que, el concreto diseñado con agregado grueso reciclado tuvo un comportamiento mecánico similar al concreto elaborado con agregado grueso natural, notándose una mínima ventaja del primero, recomendando el uso en la elaboración de un concreto convencional.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Agregado

Agregados o también se llaman áridos, son un grupo de partículas con origen natural o artificial, que pueden elaborarse o tratarse y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011.2008. Pueden formar hasta las tres cuartas partes en volumen de una mezcla de concreto (Asencio, 2014).

2.2.2. Agregado reciclado

Es aquel proveniente de la demolición de infraestructura, correspondiente a columnas, vigas, losas, etc.

2.2.3. Concreto

Material que se parece la piedra, es una mezcla de piedra picada, arena, cemento portland y agua, que se agregan en

diferentes porcentajes, dependiendo del uso al que se destine la mezcla de concreto (Astorga y Rivero, 2009).

2.2.4. Diseño de mezcla

Elaborar una mezcla de concreto se logra combinando de forma más práctica y económica los agregados disponibles, agua, cemento y pueden que en algunos casos aditivos, esto con la finalidad de lograr una mezcla con el grado de manejabilidad requerido; se diseñan varios tipos de mezclas para lograr una proporción adecuada, los cálculos se realizan en base a las propiedades de los materiales disponibles y la aplicación de leyes. Las características que se obtengan en las mezclas de ensayo servirán para mostrar los ajustes en la dosificación de acuerdo a las reglas empíricas determinadas (Yaya, 2017).

2.2.5. Asentamiento

Consiste en ensayar la trabajabilidad, que se define como la factibilidad de mezclado, colocación, transporte y compactación. Se dice que es trabajable cuando mantiene una película de mortero de ¼" sobre el agregado grueso en su desplazamiento (NTP:339.035, 2015).

Tabla 1. Clases de mezclas según su asentamiento.

| Consistencia | Slump | Trabajabilidad | Método de compactación |
|--------------|---------|-----------------|--------------------------------------|
| Seca | 0" a 2" | Poco trabajable | Vibración normal Vibración ligera |
| Plástica | 3" a 4" | Trabajable | Chuseada |
| Fluida | > 5" | Muy trabajable | Chuseado |

Fuente: Abanto (2009).

Resumen del método de ensayo de asentamiento

Primero se recoge una muestra de concreto fresco, se dispone en un molde de forma de cono truncado y con una varilla se compacta, luego se le retira el molde en forma vertical y se

permite que el concreto asiente; por último se mide la distancia de forma vertical entre la posición inicial y lo que se desplazó, a esto se le denomina como asentamiento del concreto (NTP:339.035, 2015).

Equipos y herramientas de uso

Molde: el molde debe cumplir con la altura, forma y dimensiones internas establecidas en la norma, debe ser suficientemente rígido para que se mantengan las medidas especificadas y tolerancias durante su uso, según NTP:339.035 (2015).

Barra compactadora: la barra debe ser de acero liso y cilíndrica, debe medir 600 mm de largo y de aproximadamente 16 mm de diámetro (NTP:339.035, 2015).

Dispositivo de medida: una cinta métrica metálica o regla, deben ser rígidas o semi rígidas (NTP:339.035, 2015).

Cucharón: debe tener un tamaño y una forma apropiada, con el cual se debe obtener la cantidad suficiente y se pueda colocar en el molde sin derramar la muestra (NTP:339.035, 2015).

Procedimiento según (NTP:339.035, 2015).

- Humedecer el molde y colocarlo en una superficie sin movimiento, plana, húmeda y no absorbente. Las aletas se pisan para fijar el molde durante su llenado.
- Llenar el molde con el concreto en 3 capas.
- Cada una de las capas se compactó con 25 golpes con la barra compactadora.
- El molde se levanta verticalmente con un movimiento ascendente.

- Inmediatamente se mide el asentamiento, la superficie del cono truncado y la superficie del concreto descendido.

2.2.6. Contenido de aire

En el concreto fresco el contenido de aire se mide con el método por presión, según (ASTM:C231, 2014).

Equipos y herramientas de uso

Medidores de aire: según ASTM:C231 (2014) se usan dos aparatos de diseño operativo:

Medidor tipo A: un recipiente con un sistema de tapa, funciona introduciendo agua hasta una altura predeterminada superando a una muestra de concreto con volumen conocido, luego se aplica una presión de aire predeterminada sobre el agua lo siguiente es observar la reducción de volumen de aire de la muestra de concreto baja la presión aplicada (ASTM:C231, 2014).

Medidor tipo B: un recipiente con un sistema de tapa, se realiza igualando un volumen de aire conocido a una presión conocida mediante una cámara sellada de aire, con el volumen desconocido de aire para la muestra de concreto (ASTM:C231, 2014).

Recipiente de medición: en forma cilíndrica, de acero y que resista la pasta de cemento, según (ASTM:C231, 2014).

Sistema de tapa: de acero, metal duro y que resista la pasta de cemento, según (ASTM:C231, 2014).

Procedimiento según ASTM:C231 (2014):

- Colocación y compactación de la muestra: humedecer el interior del recipiente y se coloca sobre una superficie plana. Con una pala se vierte el concreto en 3 capas.

- Varillar: se aplican 25 golpes con la varilla en cada una de las capaz.
- Realizar el procedimiento de ensayo de acuerdo al medidor utilizado.

2.2.7. Rendimiento

Volumen del hormigón entre el volumen de la mezcla. Aproximándose al 1 %.

$$Ry = \frac{Y}{Yd} \times 100$$

Donde:

Y : volumen de hormigón producido por amasada, (m³) (yd³).

Yd : volumen de hormigón para producir la amasada para la cual fue diseñado (m³) (yd³).

Cuando Ry es superior al 100% indica un exceso de hormigón producido, mientras que valores por debajo indica que el paso queda por debajo respecto al volumen diseñado.

Cálculo de contenido de cemento

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

Donde:

C: contenido real de cemento, (Kg/m³ o lb/yd³).

Cb: masa del cemento en la amasada, (Kg) (lb).

Calculo contenido de aire

$$A = \left(\frac{T - D}{T} \right) \times 100$$

Donde:

A : contenido de aire del hormigón fresco (%)

T : densidad teórica del hormigón calculado libre de aire (Kg/m³).

D : densidad del hormigón (Kg/m³)

$$A = \left(\frac{Y - V}{Y} \right) \times 100$$

Donde:

Y : volumen de hormigón producido por amasada, (m³ o yd³).

V : volumen absoluto total de los ingredientes en la amasada (m³ o yd³).

2.2.8. Tiempo de fraguado

Se determina usando la resistencia a la penetración, según ASTM:C403 (2013).

Equipos y herramientas de uso

- Contenedor: tiene que ser hermético, rígido, no absorbente y libre de grasa o aceite. Debe permitir realizar 10 lecturas de resistencia a la penetración, según (ASTM:C403, 2013).
- Agujas de penetración: agujas que se acoplan al aparato de carga con estas áreas de contacto: 645, 323, 161, 65, 32 y 16 mm² (1, ½, ¼, 1/10, 1/20 y 1/40 pulg²). Las espigas de las agujas se marcan a 25 mm (1 pulg) del área de contacto. La longitud de la aguja estará entre 16 mm (1/40 pulg) y 90 mm (3 ½ pulg), según ASTM:C403 (2013).
- Varilla apisonadora: de acero redonda y recta de diámetro 16 mm (5/8 pulg) y con una longitud de 600 mm (24 pulg), la punta debe ser semiesférica de diámetro 16 mm (5/8 pulg) (ASTM:C403, 2013).

- Pipeta: se usa para extraer agua de exudación de la superficie de ensayo (ASTM:C403, 2013).
- Termómetro: debe medir con una aproximación ± 0.5 °C (± 1 °F).

Procedimiento según ASTM:C403 (2013):

- Con una pipeta se retira el agua de exudación, se inclina en un ángulo de 10° respecto a la horizontal, se coloca un soporte en un extremo por al menos 2 minutos y luego se retira el agua (ASTM:C403, 2013).
- Una aguja de penetración se inserta a la muestra, dependiendo del grado de endurecimiento variara el tamaño de la aguja, se aplica fuerza hacia abajo hasta que la aguja penetre hasta 25 ± 2 mm ($1 \pm 1/16$ pulg) de profundidad. La resistencia de penetración se calcula dividiendo la fuerza que se aplica dentro del área de apoyo de la aguja. La distancia libre debe cumplir con ser de dos diámetros de aguja y no menor de 15 mm (1/2 pulg) (ASTM:C403, 2013).
- Luego de 3 a 4 horas de contacto de cemento y agua se hará un ensayo inicial. Luego se realizan los ensayos siguientes en un intervalo de ½ a 1 hora (ASTM:C403, 2013).

Se realizarán por lo menos seis penetraciones por cada ensayo. Se ejecutará el ensayo hasta que se obtenga una resistencia a la penetración igual o mayor a 27.6 MPa (ASTM:C403, 2013).

2.2.9. Exudación

La exudación se determina de la siguiente manera (NTP:339.077, 2013):

Resumen del método de ensayo de exudación

Determinar la cantidad de agua exudada en concreto fresco, se realiza usando 2 métodos:

- Método A: para muestras que han sido consolidadas solo usando varillado y ensayado sin distorsionar, que después de ser colocado no ha sido vibrado (NTP:339.077, 2013).
- Método B: en una muestra consolidada mediante vibración y ensayada por periodos de vibración, que luego del curado está sujeto vibración (NTP:339.077, 2013).

Equipos y herramientas de uso

- Recipiente cilíndrico: de aproximadamente 14 L de capacidad, con una altura interior de 280 mm \pm 5 mm y con diámetro interior de 255 mm \pm 5 mm. Debe ser de metal, tiene que tener un espesor de entre 2.67 mm a 3.40 mm y se reforzara en su extremo superior con un anillo de entre 2.67 mm a 3.40 mm y 40 mm de ancho. Por dentro debe ser plano y no tener corrosión, pintura o lubricante (NTP:339.077, 2013).
- Báscula: debe tener una precisión de 0.5 % (NTP:339.077, 2013).
- Pipeta: para extraer el agua libre en la superficie de la muestra (NTP:339.077, 2013).
- Probeta graduada: debe ser de 100 ml para coleccionar y medir la cantidad de agua que se extraiga (NTP:339.077, 2013).
- Varilla compactadora: de acero liso, con una longitud de 610 mm y un diámetro de 16 mm y con una punta semiesférica para el apisonado (NTP:339.077, 2013).

- Recipiente metálico: con una capacidad de 1000 ml para recolectar las aguas sobrenadas y sedimentos decantados (NTP:339.077, 2013).

Procedimiento según NTP:339.077 (2013)

- La temperatura ambiente debe oscilar entre 18 y 24 °C.
- Luego de nivelar la superficie de la muestra, se registra la hora y determina el peso del recipiente y de su contenido.
- El contenido se vierte sobre una superficie plana, sin vibraciones y se cubre el recipiente para que no se evapore la exudación.
- El recipiente se inclina cuidadosamente para poder extraer el agua exudada y se registra el peso del agua exudado, hasta el fin de la observación.
- Se seca la muestra hasta un peso constante y registra los resultados finales y calcular la diferencia entre los pesos, y esto es el agua de exudación.

Cálculo según NTP:339.077 (2013):

Volumen de agua exudada.

$$V = \frac{V1}{A}$$

Donde:

V1 : Volumen de agua exudada medida durante el intervalo de tiempo seleccionado en ml.

A : Área expuesta del concreto, en cm².

Agua de exudación acumulada:

$$C = \left(\frac{W}{W}\right) S$$

$$Exudacion\% = \left(\frac{D}{C}\right) \times 100$$

Donde:

C : masa del agua en la muestra de ensayo (gr)

W : peso total de la tanda (kg)

W : agua de mezclado neta (es la cantidad de agua total menos el agua que absorbieron los agregados) (kg)

S : peso de la muestra (gr)

D : peso del agua de exudación, en gr, y el volumen total extraído de la muestra de ensayo (cm³), multiplicado por 1 gr/cm³.

2.2.10. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión en probetas cilíndricas se determina según NTP:339.034 (2015):

Equipo y herramientas de uso

Máquina de ensayo: tendrá una capacidad conveniente y debe ser capaz de proveer la velocidad de carga necesaria. Se calibrará de forma anual. Las cargas deben tener un margen de error que no excedan $\pm 1.0\%$ de la carga indicada. Las probetas se ensayaran en condición de humedad (NTP:339.034, 2015).

Procedimiento según (NTP:339.034, 2015)

- El ensayo de compresión se realizará luego que se retiren las probetas del lugar de almacenado en estado húmedo.
- Se ensayarán de acuerdo al tiempo de tolerancia establecida:

Tabla 2. Tiempos programados para la rotura.

| Edad de ensayo | Tolerancia permisible |
|----------------|-----------------------|
| 24 h | ± 0.5 h o 2.1% |
| 3 d | ± 2 h o 2.8% |
| 7 d | ± 6 h o 3.6% |
| 28 d | ± 20 h o 3.0% |
| 90 d | ± 48 h o 2.2% |

Fuente: NTP:339.034 (2015).

- Colocar el bloque en el inferior, sobre el cabezal de la máquina que hace los ensayos y luego alinear los ejes de la probeta (NTP:339.034, 2015).
- Verificar que el indicador de carga este en cero antes de ensayar (NTP:339.034, 2015).
- Se aplicara una carga y la velocidad de esfuerzo sobre la probeta será de 0.25 ± 0.05 MPa/s (NTP:339.034, 2015).
- Cuando decrece la carga final y la velocidad debido a la fractura de la probeta, no se harán más ajustes (NTP:339.034, 2015).

Cálculos según (NTP:339.034, 2015)

- La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada entre el área promedio de la sección y el resultado se expresa con una aproximación a 0.1 MPa (NTP:339.034, 2015).
- Si el diámetro de la probeta está por debajo de 1.75 cm, corregir el resultado por el factor de corrección (NTP:339.034, 2015).
- La interpolación se usará para determinar los factores de corrección para los valores L/D de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 3. Factor de corrección para L/D

| L/D | 1.75 | 1.5 | 1.25 | 1.00 |
|--------|------|------|------|------|
| Factor | 0.98 | 0.96 | 0.93 | 0.87 |

Fuente: (NTP:339.034, 2015).

- Calcular la densidad con aproximación de 10 Kg/m³ (NTP:339.034, 2015).

$$Densidad = \frac{W}{V}$$

Donde:

W : peso del espécimen (Kg)

V : volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua (m³).

Una vez calculado el peso sumergido se calcula el volumen.

$$Volumen = W - \frac{W_s}{D_a}$$

Donde:

Ws : peso aparente del espécimen sumergido (Kg)

Da : Densidad del agua a 23°C = 997.5 (Kg/m³)

Para una densidad con aproximación de 10 Kg/m³.

2.2.11. Ensayos para determinar la resistencia a la flexión

Es un método que permite determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas (NTP:339.078, 2012).

Resumen del método

Según NTP:339.078 (2012), el ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de una probeta de ensayo con forma de viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, dependiendo de donde se localice la grieta, dentro del tercio medio o a una distancia de éste, que nunca debe ser mayor del 5 % de la luz libre.

Velocidad de carga

Se aplicará la carga a una velocidad que incrementara constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0.86 MPa/min y 1.21 MPa/min, hasta lograr la rotura de la viga (NTP:339.078, 2012).

Expresión de resultados

Cuando ocurre la falla dentro del tercio medio de la luz, se calcula el módulo de rotura de la siguiente manera (NTP:339.078, 2012):

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

M_r : es el módulo de rotura, en Kg/cm².

P : es la carga máxima de rotura, se mide en kilogramos.

L : la luz libre entre apoyos, se mide en centímetros.

b : es el ancho promedio de la probeta en la sección de falla, se mide en centímetros.

h : es la altura promedio de la probeta en la sección de fallas, se mide en centímetros.

Cuando la falla se genera fuera del tercio medio y una distancia menor al 5 % de la luz libre de éste, según NTP:339.078 (2012) se calculara el módulo de rotura:

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

a : es la distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, se mide a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga.

P : es la carga máxima de rotura, se mide en kilogramos.

L : la luz libre entre apoyos, se mide en centímetros.

b : es el ancho promedio de la probeta en la sección de falla, se mide en centímetros.

h : es la altura promedio de la probeta en la sección de fallas, se mide en centímetros.

Si la falla es fuera del tercio medio y a una distancia de este mayor al 5 % de la luz libre, se rechaza el ensayo.

2.2.12. Resistencia a la tracción

El ensayo establece el procedimiento para la determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de cilindros de mortero de 76.2 mm por 152.4 mm (3 pulg por 6 pulg) o 50.8 mm por 101.6 mm (2 pulg por 4 pulg) (NTP:339.034, 2015).

Según NTP: 399.622 (2015) se puede calcular la resistencia a tracción de la siguiente manera:

Calcular la resistencia a la tracción por compresión diametral del espécimen como sigue:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T : resistencia a la tracción por compresión diametral en MPa (lb/pulg²)

P : máxima carga aplicada indicada por la máquina en N (lb)

L : longitud en mm (pulg)

D : diámetro en mm (pulg)

2.2.13. Módulo de elasticidad y coeficiente de poisson

Para elaborar el ensayo se utilizará una maquina universal que se equipará con celdas de carga con una capacidad de 2000 KN. Para medir la deformación se utilizó un transductor diferencial de variación lineal (LVDT) con una precisión de 50E-12 m. Los

ensayos se harán a las edades de 2, 4, 11, 14 y 28 días (Gonzales, 2016).

Para diseñar el ensayo se debe colocar los anillos para sujetar el espécimen, luego con la ayuda de dos elementos verticales se acomodaran los anillos al espécimen ajustando los pernos que estas poseen, se ajustan los pernos, se acopla a el LVDT, se procede a colocar el espécimen en el marco de carga y al final se aplicara la carga a una velocidad constante de 40 KN/min hasta que alcance la rotura (Gonzales, 2016).

El módulo $E_{\tan-0}$, se estimó utilizando los primeros 200 puntos de las gráficas de esfuerzo deformación; Mientras que, el módulo E_{ch} se calculó según lo estipulado por la norma ASTM C469 (ASTM, 2002), tomando en consideración la deformación desde el punto 50 millonésimas hasta el correspondiente al 40% de la carga máxima. El módulo E_{sec} , se calculó considerando la deformación desde el punto 0 hasta el correspondiente al 40 % de la carga (Gonzales, 2016).

2.3. Definición de términos

Según Astorga & Rivero (2009), se define:

Adherencia. - Capacidad de agarre entre materiales, considerando la fricción entre ellos.

Asentamiento. - Son desplazamientos verticales que pueden experimentar los materiales.

Carga. - Fuerza externa que puede actuar en distintas direcciones sobre una estructura o un elemento.

Compresión. - Es una fuerza que acciona para intentar comprimir un elemento.

Ductilidad. - Es una característica que aporta la capacidad de deformarse en alguna proporción cuando se somete a cargas.

Esfuerzos. - son fuerzas internas de un elemento, que se oponen a la deformación que le ocasionan las cargas externas.

Flexión. - un esfuerzo que incluye tracción y compresión, pero combinando la dirección de ellas. Es un mecanismo propio de las vigas.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Sí es posible el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo – 2018.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El uso del concreto reciclado mejora las propiedades físicas del concreto en la construcción de viviendas básicas.
- b) El uso del concreto reciclado mejora las propiedades mecánicas del concreto en la construcción de viviendas básicas.
- c) El comportamiento estructural de viviendas básicas es mejor al usar concreto reciclado.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (X): Concreto reciclado. – Es un material compuesto, que consiste principalmente en un medio aglomerante (cemento Portland y agua) dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado, obtenidos de materiales de construcción reciclados y procesados para convertirlos en una

combinación de agregado fino y grueso (Chasquero y Hurtado, 2019).

Variable dependiente (Y): Construcción de viviendas. – Es una estructura cerrada la cual debe cumplir especificaciones ingenieriles con la finalidad de soportar acciones sísmicas u otras cargas externas (Chasquero y Hurtado, 2019).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente (X): Concreto reciclado. – Se midió de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas.

Variable dependiente (Y): Construcción de viviendas. – Se midió en función a su comportamiento estructural y el costo por metro cúbico de concreto.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 4. Operacionalización de las variables.

| Variables | Dimensiones | Indicadores |
|--|----------------------------|--|
| Variable independiente (X): Concreto reciclado | Propiedades físicas | Asentamiento Peso unitario Rendimiento del concreto Contenido de aire Exudación Tiempo de fraguado |
| | Propiedades mecánicas | Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión Módulo de elasticidad Coeficiente de Poisson. |
| Variable dependiente (Y): Construcción de Viviendas | Comportamiento estructural | Peso de la vivienda Fuerza cortante en la base Desplazamientos |
| | Costos | Costo por m ³ de concreto |

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método de investigación de la presente investigación fue el científico, debido a que se aplicó una secuencia de pasos ordenados para generar conocimiento científico fundamentado en evidencias.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue la aplicada, pues se empleó conocimientos ya existentes para dar solución a la problemática, en tal sentido se aplicó conocimiento referente al diseño de mezcla, propiedades del concreto y modelamiento estructural de viviendas básicas.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue la descriptiva – explicativa, fundamentado en la búsqueda de establecer una relación causal entre las variables propuestas, además de generar un sentido de entendimiento y no sólo describir.

3.4. Diseño de investigación

Un diseño experimental es aquel en el que se manipula de manera deliberada las variables consideradas; en este contexto, el diseño de investigación fue experimental, debido a que se realizaron ensayos de laboratorio en la que se modificaron la cantidad de agregado para observar el comportamiento del concreto a los 7, 14 y 28 días.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Correspondió a la adición de concreto reciclado en proporciones del 20 %, 50 % y 100 %; además se consideró resistencia a la compresión de 210 y 280 kg/cm², además se consideró la inclusión de un aditivo; tal como se muestra a continuación:

Tabla 5. Población para las propiedades físicas del concreto.

| Propiedad física | 210 kg/cm ² | | | 280 kg/cm ² | | Parcial |
|--------------------------|------------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|---------|
| | Patrón | Con aditivo | Sin aditivo | Con aditivo | Sin aditivo | |
| Asentamiento | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Peso unitario | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Rendimiento del concreto | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Contenido de aire | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Exudación | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Tiempo de fraguado | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Cantidad de sales | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Total | | | | | | 378 |

En la Tabla 5 se muestra la población considerada para la determinación de las propiedades físicas del concreto, tanto para un f'c de 210 y 280 kg/cm².

Tabla 6. Población para las propiedades mecánicas del concreto.

| Propiedad mecánica | 210 kg/cm ² | | | 280 kg/cm ² | | Parcial |
|---|------------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|---------|
| | Patrón | Con aditivo | Sin aditivo | Con aditivo | Sin aditivo | |
| Resistencia a la compresión | 18 | 72 | 72 | 72 | 72 | 306 |
| Resistencia a la tracción | 18 | 72 | 72 | 72 | 72 | 306 |
| Resistencia a la flexión | 18 | 72 | 72 | 72 | 72 | 306 |
| Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson. | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Abrasión | 6 | 12 | 12 | 12 | 12 | 54 |
| Total | | | | | | 1026 |

3.5.2. Muestra

No se utilizó una técnica muestral, si no el censo; debido a que la población fue pequeña razón por la cual la población es igual a la muestra

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Observación directa

La observación directa es una técnica que consiste en la recopilación de información de manera sistematizadas durante la realización de los ensayos, razón por la cual fue de suma importancia al momento de la ejecución de los ensayos.

Análisis de documentos

Consistió en la compilación de bibliografía digital y física, a fin de establecer una metodología para determinar los ensayos que deben ejecutarse al concreto para evaluar sus propiedades físicas

y mecánicas, también los conocimientos necesarios para estudiar el comportamiento estructural de una vivienda.

Trabajo en campo

El trabajo en campo correspondió a la recolección de los materiales reciclados en obras de construcción para procesarlo y utilizarlo como agregado en la mezcla de concreto.

3.6.2. Instrumentos

Debido a que la presente investigación está basada en normativas peruanas como la Norma Técnica Peruana, los instrumentos para la ejecución de cada ensayo son:

- Olla Washington.
- Cono de Abrams.
- Aguja de Vicat.
- Pipeta graduada.
- Balanza.
- Máquina de rotura de probetas y vigas.
- Máquina de los Ángeles.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información adquirida en campo y en gabinete fue con el uso de tablas y figuras, con la ayuda de softwares especializados como Microsoft Excel; lo cual permitió una correcta interpretación de la misma.

También se aplicó un programa especializado para el diseño estructural para conocer el comportamiento estructural.

3.8. Procedimiento de la investigación

Cada una de las pruebas le corresponde a cada diseño de mezcla realizado en el laboratorio en la que se van variando los distintos niveles de los factores que se han tenido en cuenta en la planificación del programa experimental.

- Tipo de agregados reciclados: Son obtenidos de dos sitios; de la demolición del colegio Santa Isabel (FAZ) y de la Empresa SUPERMIX S.A (SUP).
- Resistencia a la compresión: la presente investigación trata de viabilizar el uso de concreto reciclado en la construcción de viviendas, es por esto que la resistencia objetivo será de 210 kg/cm² y 280 kg/cm².
- Consistencia: es otra de las variables importantes. La consistencia se puede lograr aumentando la relación agua/ cemento y añadiendo aditivos plastificantes, en este caso se usarán aditivos, las consistencias estudiadas serán seca, plástica y fluida.
- Contenido de aditivo plastificante: Se usará el aditivo sikament 306N, de dividirá en muestras con aditivo y sin aditivo.
- El porcentaje de sustitución de agregado grueso natural por material reciclado será de 0 %, 20 %, 50 % y 100 %.
- Características de los diseños de mezclas.

Tabla 7. Características de los diseños de mezcla.

| Diseño | Tipo de agregado | % Sustitución | F'c | Asentamiento | Aditivo |
|--------|------------------|---------------|-----|--------------|---------|
| DT-01 | FAZ | 0% | 210 | Seco | CA |
| DT-02 | FAZ | 0% | 280 | Plastificado | SA |
| DT-03 | FAZ | 20% | 210 | Fluido | SA |
| DT-04 | FAZ | 20% | 280 | Plastificado | CA |
| DT-05 | FAZ | 50% | 210 | Plastificado | CA |
| DT-06 | FAZ | 50% | 280 | Fluido | SA |
| DT-07 | FAZ | 100% | 210 | Plastificado | SA |
| DT-08 | FAZ | 100% | 280 | Seco | CA |
| DT-09 | SUP | 0% | 210 | Plastificado | SA |
| DT-10 | SUP | 0% | 280 | Fluido | CA |
| DT-11 | SUP | 20% | 210 | Plastificado | CA |
| DT-12 | SUP | 20% | 280 | Seco | SA |
| DT-13 | SUP | 50% | 210 | Seco | SA |
| DT-14 | SUP | 50% | 280 | Plastificado | CA |

| | | | | | |
|-------|-----|------|-----|--------------|----|
| DT-15 | SUP | 100% | 210 | Fluido | CA |
| DT-16 | SUP | 100% | 280 | Plastificado | SA |

3.9. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación se basaron en el enfoque cuantitativo, en tal sentido se hizo uso de la estadística descriptiva tales como la tendencia central (media), medidas de variabilidad (rango, desviación estándar y varianza).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas del concreto reciclado

4.1.1. Asentamiento

Tabla 8. Asentamiento de las mezclas de concreto.

| Diseño DT | Código | Asentamiento (pulgadas) | Asentamiento (mm) |
|--------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|
| DT-1 | FAZ-0%-210-SECO-CA | 2.5 | 63.50 |
| DT-2 | FAZ-0%-280-PLAST-SA | 3 | 76.20 |
| DT-3 | FAZ-20%-210-FLUI-SA | 8.5 | 215.90 |
| DT-4 | FAZ-20%-280-PLAST-CA | 3.25 | 82.55 |
| DT-5 | FAZ-50%-210-PLAST-CA | 3 | 76.20 |
| DT-6 | FAZ-50%-280-FLUI-SA | 5 | 127.00 |
| DT-7 | FAZ-100%-210-PLAST-SA | 2.5 | 63.50 |
| DT-8 | FAZ-100%-280-SECO-CA | 2 | 50.80 |
| DT-9 | SUP-0%-210-PLAST-SA | 2.5 | 63.50 |
| DT-10 | SUP-0%-280-FLUI-CA | 8 | 203.20 |
| DT-11 | SUP-20%-210-PLAST-CA | 4.25 | 107.95 |
| DT-12 | SUP-20%-280-SECO-SA | 2.25 | 57.15 |
| DT-13 | SUP-50%-210-SECO-SA | 2.75 | 69.85 |
| DT-14 | SUP-50%-280-PLAST-CA | 4 | 101.60 |
| DT-15 | SUP-100%-210-FLUI-CA | 7.5 | 190.50 |
| DT-16 | SUP-100%-280-SECO-SA | 1 | 25.40 |

En la Tabla 8 se muestra los resultados del ensayo de asentamiento para cada uno de los diseños de mezclas realizados, donde estos variaron desde 1 a 8.5 pulgadas correspondiendo a consistencias secas, plásticas y fluidas.

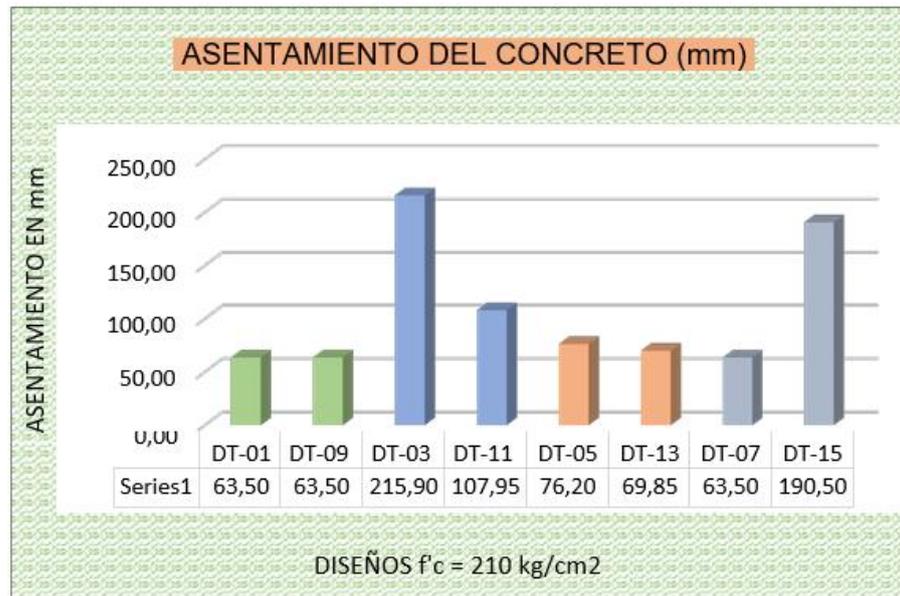


Figura 2. Asentamiento de las mezclas de concreto de f'_c : 210 kg/cm².

En la Figura 2 se muestra los resultados de asentamiento para los concreto de f'_c : 210 kg/cm².

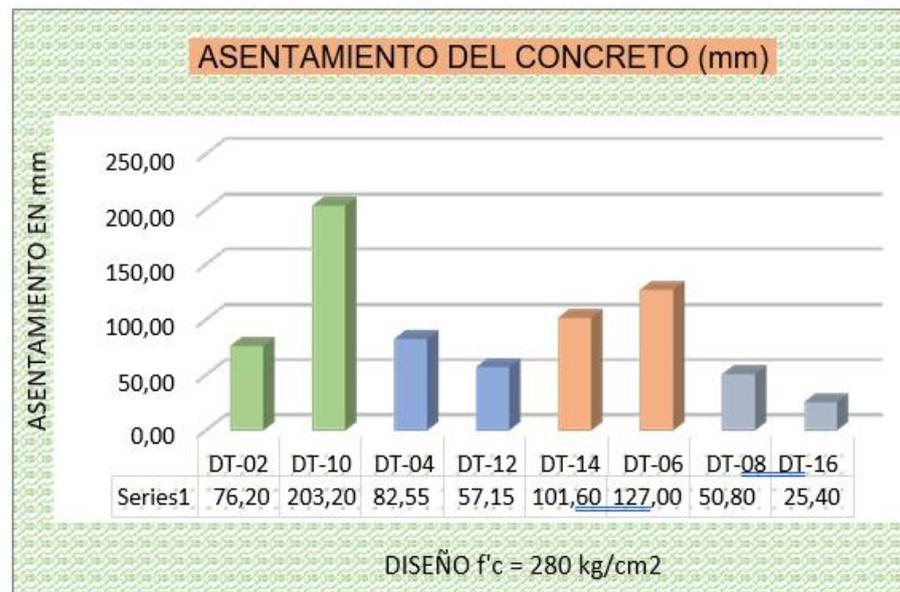


Figura 3. Asentamiento de las mezclas de concreto de f'_c : 280 kg/cm².

En la Figura 3 muestra los resultados de asentamiento para los concreto de $f'c$: 210 kg/cm².

De acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene que la fabricación de concretos con agregados reciclados conlleva un aumento de la consistencia, para una misma relación agua-cemento, respecto a un concreto convencional. Al presentar los agregados reciclados valores elevados en su absorción, la cantidad de agua absorbida por los áridos durante el proceso de mezclado del concreto será tanto más importante cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución del agregado.

4.1.2. Peso unitario

Tabla 9. Peso unitario de las mezclas de concreto.

| Diseño | Código | Volumen de recipiente (L) | Peso de recipiente (Kg) | Peso de recipiente + concreto (kg) | Peso unitario (kg/m ³) |
|--------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| DT-01 | FAZ-0%-210-SECO-CA | 7.06 | 2.48 | 19.46 | 2404.67 |
| DT-02 | FAZ-0%-280-PLAST-SA | 7.06 | 2.48 | 19.25 | 2374.79 |
| DT-03 | FAZ-20%-210-FLUI-SA | 2.83 | 1.57 | 8.27 | 2363.24 |
| DT-04 | FAZ-20%-280-PLAST-CA | 7.06 | 2.48 | 19.21 | 2370.11 |
| DT-05 | FAZ-50%-210-PLAST-CA | 2.83 | 1.57 | 8.23 | 2350.18 |
| DT-06 | FAZ-50%-280-FLUI-SA | 2.83 | 1.57 | 8.17 | 2327.93 |
| DT-07 | FAZ-100%-210-PLAST-SA | 2.83 | 1.57 | 8.03 | 2280.26 |
| DT-08 | FAZ-100%-280-SECO-CA | 2.83 | 1.57 | 8.1 | 2303.92 |
| DT-09 | SUP-0%-210-PLAST-SA | 7.06 | 2.48 | 19.22 | 2371.1 |
| DT-10 | SUP-0%-280-FLUI-CA | 7.06 | 2.48 | 19.13 | 2358.5 |
| DT-11 | SUP-20%-210-PLAST-CA | 7.06 | 2.48 | 18.94 | 2331.44 |
| DT-12 | SUP-20%-280-SECO-SA | 7.06 | 2.48 | 19.16 | 2362.18 |
| DT-13 | SUP-50%-210-SECO-SA | 2.83 | 1.57 | 8.19 | 2336.41 |
| DT-14 | SUP-50%-280-PLAST-CA | 7.06 | 2.48 | 18.83 | 2316.01 |
| DT-15 | SUP-100%-210-FLUI-CA | 2.83 | 1.57 | 7.96 | 2253.42 |
| DT-16 | SUP-100%-280-SECO-SA | 2.83 | 1.57 | 8.11 | 2306.39 |

En la Tabla 9 se muestra los valores del peso unitario varían entre 2314 y 2442 kg/m³, clasificándose como concretos de peso normal (1700-2500 kg/m³).



Figura 4. Peso unitario de diseños con f'_c : 210 kg/cm^2 .

En la Figura 4 muestra los resultados del peso unitario para los concreto de f'_c : 210 kg/cm^2 .

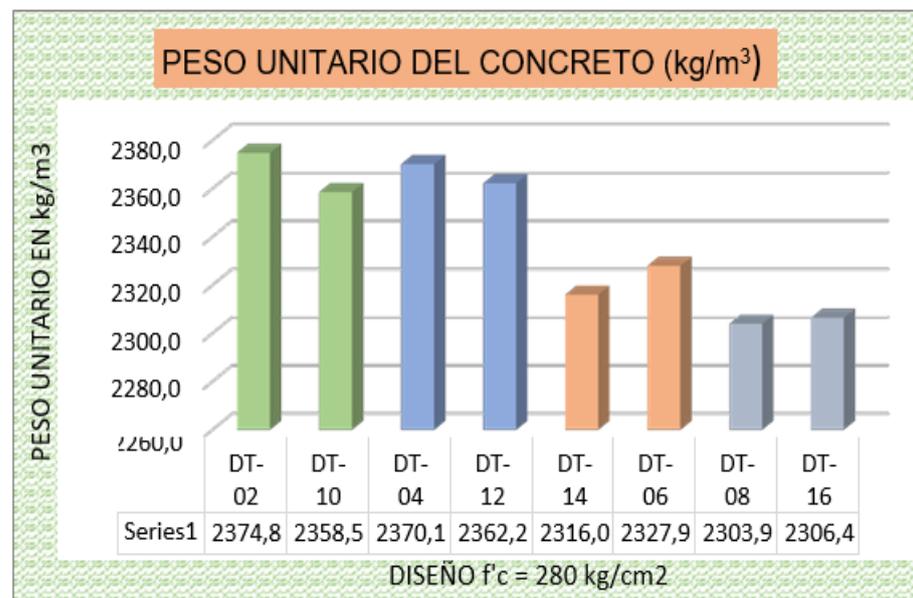


Figura 5. Peso unitario de diseños con f'_c : 280 kg/cm^2 .

En la Figura 5 muestra los resultados del peso unitario para los concreto de f'_c : 280 kg/cm^2 .

El peso unitario del concreto fresco fabricado con agregado reciclado tiene un peso clasificado como normal, pero es inferior a

la del concreto convencional, debido a la menor densidad que presenta el agregado reciclado como consecuencia del mortero adherido que envuelve a la matriz rocosa.

Los factores que afectan el peso unitario del concreto reciclado son el tipo de agregado, porcentaje de sustitución y consistencia (slump).

A medida que aumenta el porcentaje de sustitución de agregado reciclado por agregado natural se obtienen concreto con pesos unitarios menores, tiendo como más bajo cuando se hace uso de agregados 100 % reciclados.

En cuanto a las consistencias se puede observar que un concreto con consistencia seca tendrá más peso unitario que uno de consistencia plástica y fluida.

4.1.3. Rendimiento

Tabla 10. Rendimiento de las mezclas de concreto.

| Diseño | Código | Peso de tanda de concreto (kg) | Peso unitario (kg/m ³) | Rendimiento |
|--------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------|
| DT-01 | FAZ-0%-210-SECO-CA | 2388.75 | 2404.67 | 0.99 |
| DT-02 | FAZ-0%-280-PLAST-SA | 2354.62 | 2374.79 | 0.99 |
| DT-03 | FAZ-20%-210-FLUI-SA | 2307.55 | 2363.24 | 0.98 |
| DT-04 | FAZ-20%-280-PLAST-CA | 2368.5 | 2370.11 | 1.00 |
| DT-05 | FAZ-50%-210-PLAST-CA | 2349.65 | 2350.18 | 1.00 |
| DT-06 | FAZ-50%-280-FLUI-SA | 2302.36 | 2327.93 | 0.99 |
| DT-07 | FAZ-100%-210-PLAST-SA | 2272.76 | 2280.26 | 1.00 |
| DT-08 | FAZ-100%-280-SECO-CA | 2308.75 | 2303.92 | 1.00 |
| DT-09 | SUP-0%-210-PLAST-SA | 2358.01 | 2371.1 | 0.99 |
| DT-10 | SUP-0%-280-FLUI-CA | 2356.08 | 2358.5 | 1.00 |
| DT-11 | SUP-20%-210-PLAST-CA | 2361.28 | 2331.44 | 1.01 |
| DT-12 | SUP-20%-280-SECO-SA | 2373.39 | 2362.18 | 1.00 |
| DT-13 | SUP-50%-210-SECO-SA | 2275.92 | 2336.41 | 0.97 |
| DT-14 | SUP-50%-280-PLAST-CA | 2338.29 | 2316.01 | 1.01 |
| DT-15 | SUP-100%-210-FLUI-CA | 2277.56 | 2253.42 | 1.01 |
| DT-16 | SUP-100%-280-SECO-SA | 2289.21 | 2306.39 | 0.99 |

En la Tabla 10 se muestra el rendimiento de las mezclas de concreto, siendo así que el factor que influye sobre el rendimiento en el concreto reciclado es el contenido de aditivo, los diseños de

concreto reciclado con aditivos presentan ligeramente mayor rendimiento que los diseños de concreto sin aditivo.

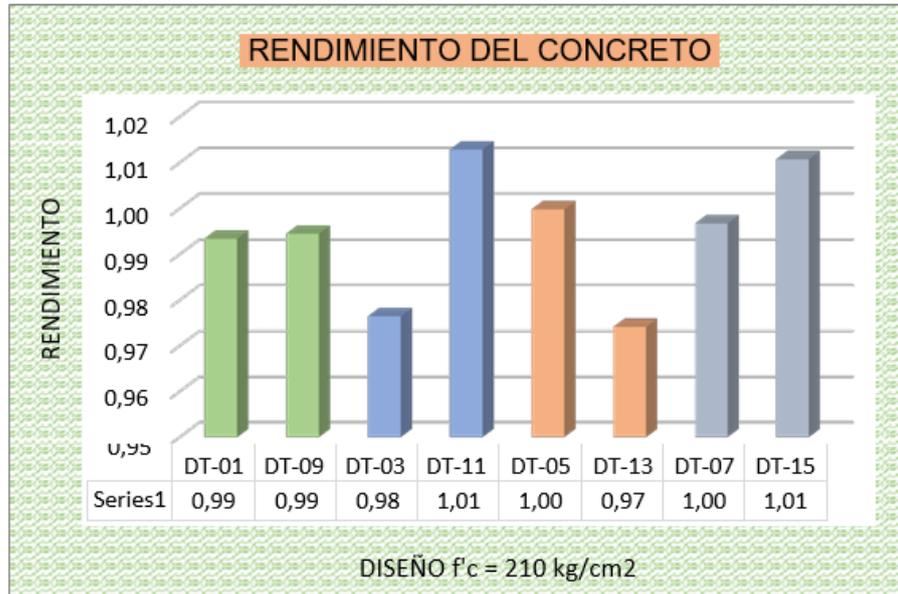


Figura 6. Rendimiento de diseños con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.



Figura 7. Rendimiento de diseños con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Por lo tanto, en la Figura 6 y Figura 7 se representa los valores de rendimiento tanto para el concreto de $f'c$ de 210 y 280 kg/cm^2 .

4.1.4. Contenido de aire

El contenido de aire atrapado para mezclas sin aire incorporado y con aire incorporado aumenta conforme disminuye el tamaño máximo del agregado grueso. A continuación, se muestra el contenido de aire de cada diseño de mezcla:

Tabla 11. Contenido de aire en las mezclas de concreto.

| Diseño | Código | Contenido de aire (%) |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| DT-01 | FAZ-0%-210-SECO-CA | 1.20 |
| DT-02 | FAZ-0%-280-PLAST-SA | 1.20 |
| DT-03 | FAZ-20%-210-FLUI-SA | 0.50 |
| DT-04 | FAZ-20%-280-PLAST-CA | 1.70 |
| DT-05 | FAZ-50%-210-PLAST-CA | 2.00 |
| DT-06 | FAZ-50%-280-FLUI-SA | 1.75 |
| DT-07 | FAZ-100%-210-PLAST-SA | 1.68 |
| DT-08 | FAZ-100%-280-SECO-CA | 1.15 |
| DT-09 | SUP-0%-210-PLAST-SA | 1.70 |
| DT-10 | SUP-0%-280-FLUI-CA | 1.90 |
| DT-11 | SUP-20%-210-PLAST-CA | 1.50 |
| DT-12 | SUP-20%-280-SECO-SA | 1.50 |
| DT-13 | SUP-50%-210-SECO-SA | 1.70 |
| DT-14 | SUP-50%-280-PLAST-CA | 2.00 |
| DT-15 | SUP-100%-210-FLUI-CA | 2.00 |
| DT-16 | SUP-100%-280-SECO-SA | 1.70 |

En la Tabla 11 se muestra los resultados del contenido de aire en las mezclas de concreto tanto de $f'c$: 210 y 280 kg/cm² correspondientemente; de acuerdo a esto se tiene que el factor que influye sobre el contenido de aire del concreto reciclado en estado fresco es el tipo de agregado; los diseños de concreto con RCD's- FAZ presenta menos contenido de aire que los diseños de concreto RCD's- SUPERMIX.

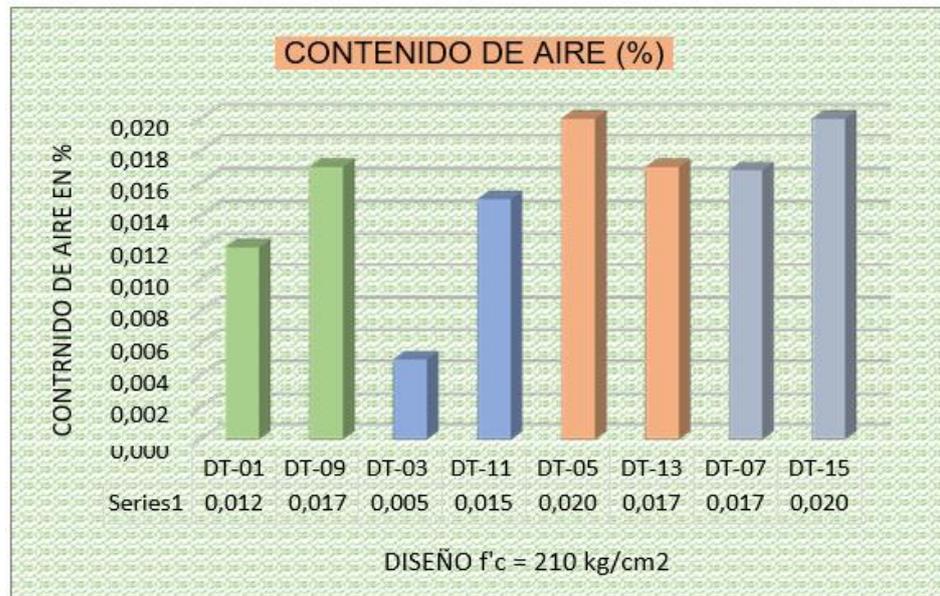


Figura 8. Contenido de aire en diseños con $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

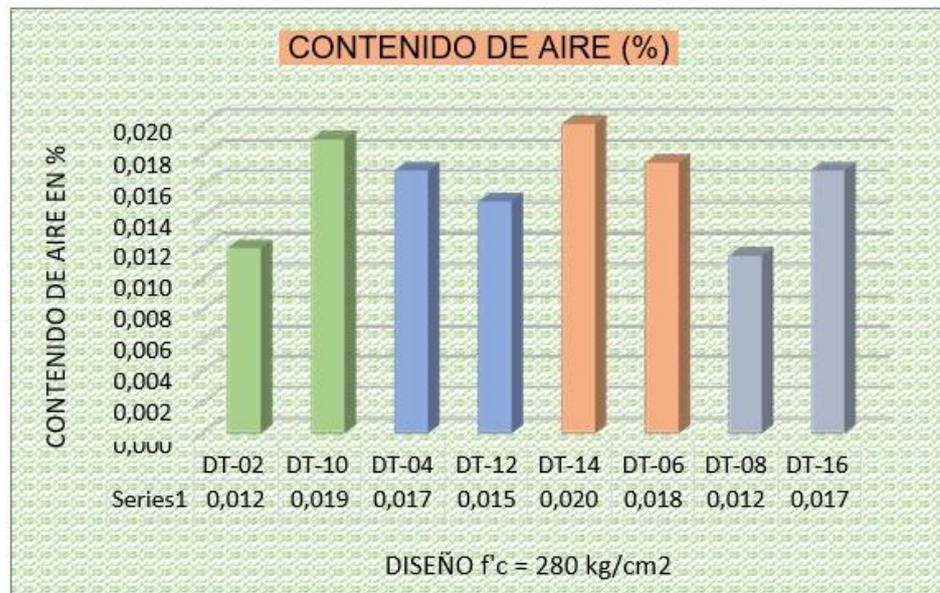


Figura 9. Contenido de aire en diseños con $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$.

4.1.5. Exudación

A continuación, se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados, obtenidos de la medida de la exudación del concreto reciclado y convencional en estado fresco realizado en cada uno del diseño.

Tabla 12. Exudación de las mezclas de concreto.

| Diseño | Exudación (%) |
|---|---------------|
| 210 kg/cm ² con agregado natural y aditivo | 1.11 |
| 210 kg/cm ² con agregado reciclado sin aditivo | 0.84 |
| 280 kg/cm ² con agregado natural y aditivo | 0.16 |
| 280 kg/cm ² con agregado reciclado sin aditivo | 0.76 |

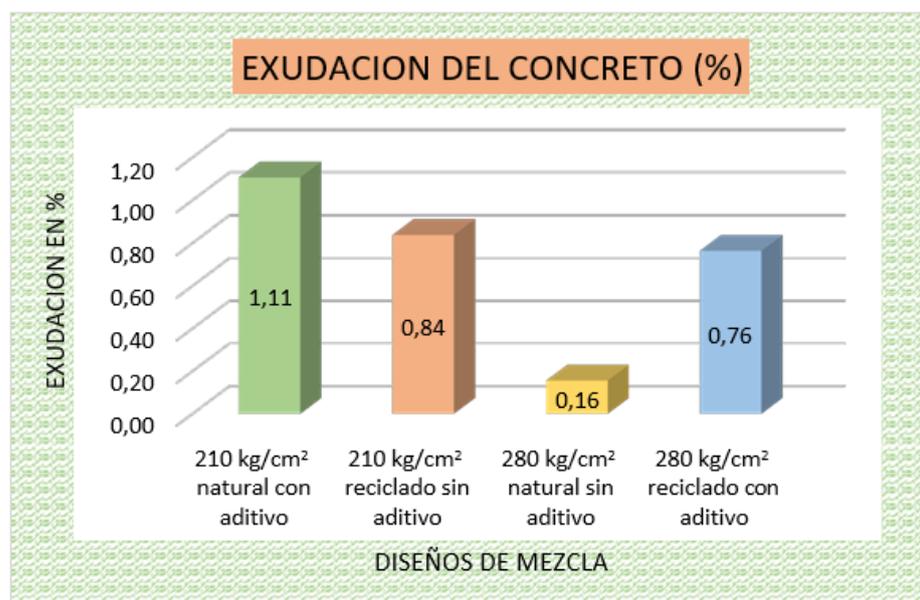


Figura 10. Exudación del concreto en estado fresco.

En la Figura 10 se puede observar que los concretos reciclados tienen mayor exudación que los concretos convencionales, pero son similares por lo tanto el curado de ambos concretos deberá hacerse de manera convencional para asegurar que se compense la pérdida de agua debido a las fuertes temperaturas ambientales, y de esta manera no se vean disminuidas las resistencias a la compresión del concreto.

4.1.6. Tiempo de fraguado

A continuación, se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados, obtenidos de la medida del tiempo de fraguado del concreto reciclado y convencional en estado fresco realizado en cada uno de los diseños.



Figura 11. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$: 210 kg/cm² con agregado natural con aditivo.



Figura 12. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$: 210 kg/cm² con agregado reciclado sin aditivo.

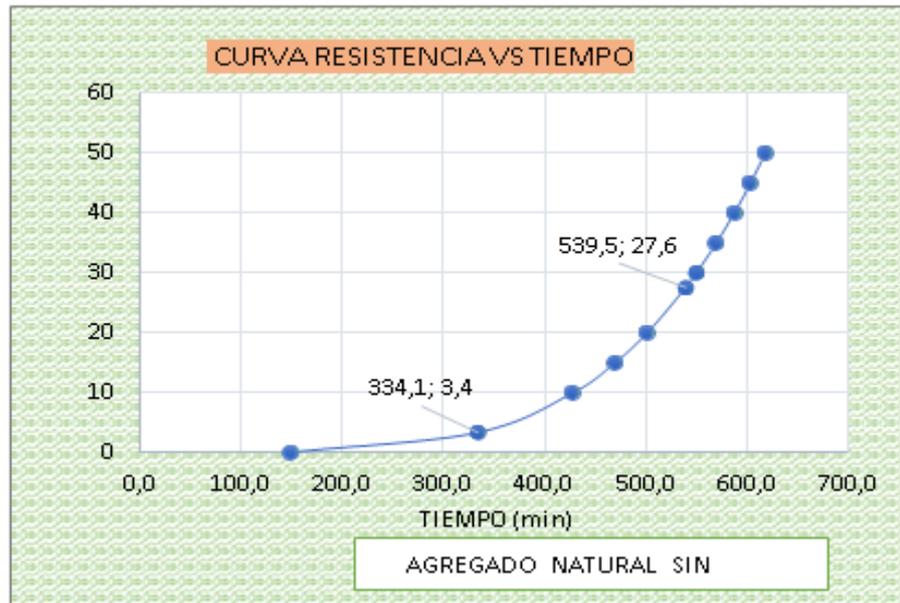


Figura 13. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$: 280 kg/cm² con agregado natural sin aditivo.



Figura 14. Tiempo de fraguado del concreto con $f'c$. 280 kg/cm² con agregado reciclado y aditivo.

De las figuras puede observar que los diseños con uso de aditivo Sikament 306N que es un aditivo plastificante que hace que el tiempo inicial y final de fragua sean menores.

Los concretos reciclados fraguan más rápido así no tengan aditivos en sus diseños esto es una ventaja ya que serán menores los tiempos de fraguado por lo tanto se disminuirán los tiempos en

el desencofrado. Cabe resaltar que todos los diseños fueron con cemento tipo HE que en cierto modo contribuye al rápido fraguado del concreto porque es un cemento de alta resistencia inicial. Estos tiempos variaran de acuerdo a las condiciones climáticas que se presenten puesto que a menor temperatura de ambiente los tiempos de fragua se prolongaran. En los ensayos realizados fueron a condiciones climáticas para la ciudad de Huancayo y los resultados obtenidos fueron que para la fragua inicial están en el intervalo de 300 - 330 min para concretos convencionales y 270 - 275 min para concretos reciclados. Y la fragua final está en el intervalo de 540 - 5500 min para concretos convencionales y 440 - 450 min para concretos reciclados.

4.2. Propiedades mecánicas del concreto reciclado

4.2.1. Resistencia a la compresión

Tabla 13. Resistencia a la compresión.

| Diseño | Código | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | |
|--------|-----------------------|--|--------|---------|---------|
| | | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| DT-01 | FAZ-0%-210-SECO-CA | 158.34 | 203.56 | 239.94 | 282.21 |
| DT-02 | FAZ-0%-280-PLAST-SA | 196.68 | 277.07 | 294.24 | 308.93 |
| DT-03 | FAZ-20%-210-FLUI-SA | 108.99 | 152.17 | 171.65 | 217.27 |
| DT-04 | FAZ-20%-280-PLAST-CA | 172.1 | 245.06 | 255.2 | 293.27 |
| DT-05 | FAZ-50%-210-PLAST-CA | 123.04 | 161.63 | 186.54 | 212.12 |
| DT-06 | FAZ-50%-280-FLUI-SA | 165.75 | 198.49 | 236.46 | 251.85 |
| DT-07 | FAZ-100%-210-PLAST-SA | 109.3 | 136.54 | 178.08 | 201.83 |
| DT-08 | FAZ-100%-280-SECO-CA | 198.96 | 221.54 | 264.67 | 304.59 |
| DT-09 | SUP-0%-210-PLAST-SA | 112.08 | 159.88 | 194.8 | 224.7 |
| DT-10 | SUP-0%-280-FLUI-CA | 170.36 | 272.45 | 293.42 | 335.86 |
| DT-11 | SUP-20%-210-PLAST-CA | 86.4 | 142.14 | 175.75 | 206.82 |
| DT-12 | SUP-20%-280-SECO-SA | 205.46 | 209.94 | 255.97 | 301.83 |
| DT-13 | SUP-50%-210-SECO-SA | 105.02 | 153.88 | 181.67 | 213.95 |
| DT-14 | SUP-50%-280-PLAST-CA | 174.33 | 239.14 | 264.52 | 306.52 |
| DT-15 | SUP-100%-210-FLUI-CA | 117.53 | 132.67 | 158.4 | 182.99 |
| DT-16 | SUP-100%-280-SECO-SA | 175.84 | 193.72 | 225.25 | 264.72 |

En la tabla anterior se muestra los valores de la resistencia a la compresión; en ella se puede notar que a medida que se incrementa el porcentaje de agregado reciclado la resistencia disminuye.

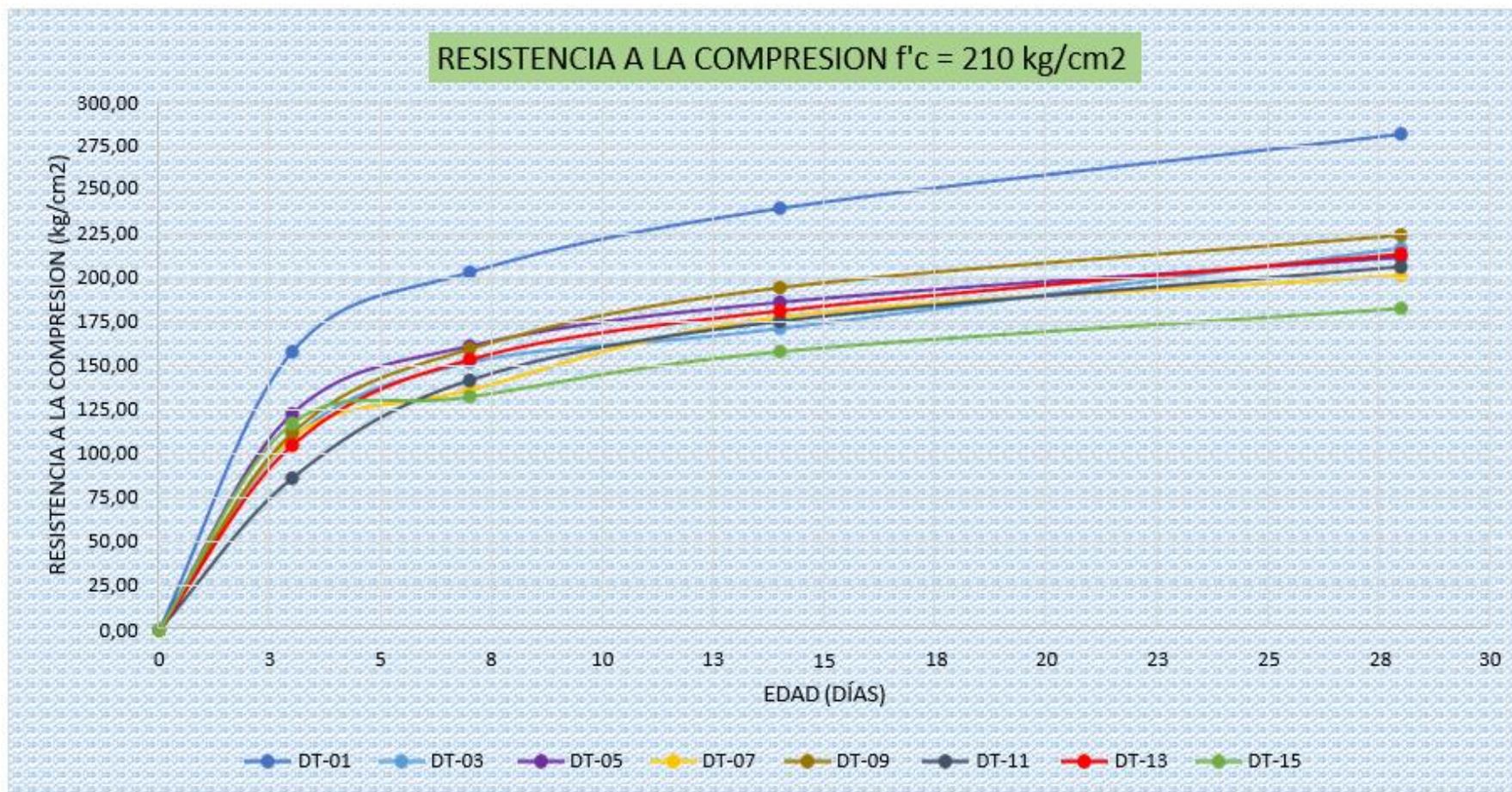


Figura 15. Resistencia a la compresión de diseños con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

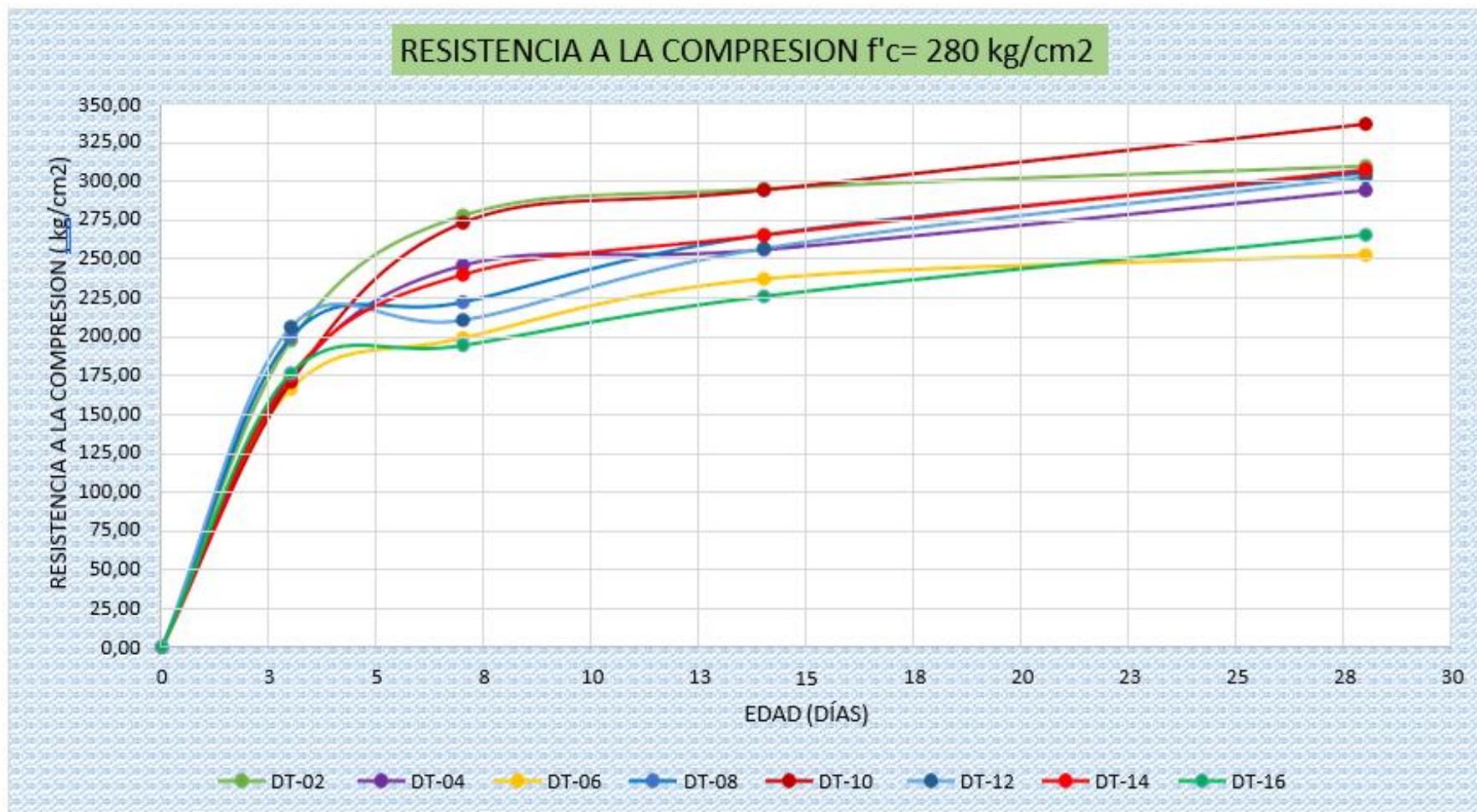


Figura 16. Resistencia a la compresión de diseños con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Los factores que influyen sobre la resistencia a la compresión son el porcentaje de sustitución, resistencia a la compresión y contenido de aditivo. De los ensayos realizados:

Para un porcentaje de sustitución de 0% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor resistencia a la compresión.

Para un porcentaje de sustitución de 20% se observa que los diseños con aditivos tienen menor resistencia a la compresión esto puede ocurrir debido a la relación agua/cemento usadas eran diferentes.

Para un porcentaje de sustitución de 50% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor resistencia a la compresión.

Para un porcentaje de sustitución de 100% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor y menor resistencia a la compresión en este caso hay que estudiar el efecto de la relación agua/cemento puesto que es un indicador muy importante.

4.2.2. Resistencia a la tracción

Tabla 14. Resistencia a la tracción.

| Diseño | Código | Fecha de vaciado | Edad (días) | f'c (kg/cm ²) | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Carga máxima (kg) | Resistencia máxima (kg/m ³) | Resistencia promedio (kg/m ³) | % f'c |
|--------|-----------------------|------------------|-------------|---------------------------|---------------|-------------|-------------------|---|---|-------|
| DT-01 | FAZ-0%-210-SECO-CA | 09/10/2015 | 28 | 282.21 | 10.18 | 20.73 | 7454.7 | 22.51 | 22.68 | 8.04 |
| | | | | | 10.18 | 20.73 | 7572.4 | 22.85 | | |
| DT-02 | FAZ-0%-280-PLAST-SA | 09/10/2015 | 28 | 308.93 | 10.2 | 20.84 | 7685.4 | 23.03 | 22.03 | 7.13 |
| | | | | | 10.19 | 20.74 | 6978.3 | 21.03 | | |
| DT-03 | FAZ-20%-210-FLUI-SA | 29/09/2015 | 28 | 217.27 | 10.19 | 20.81 | 6032.4 | 18.11 | 21.25 | 9.78 |
| | | | | | 10.19 | 20.83 | 8133.8 | 24.4 | | |
| DT-04 | FAZ-20%-280-PLAST-CA | 30/09/2015 | 28 | 293.27 | 10.2 | 20.92 | 6682.4 | 19.95 | 18.63 | 6.35 |
| | | | | | 10.19 | 20.93 | 5795.3 | 17.31 | | |
| DT-05 | FAZ-50%-210-PLAST-CA | 15/09/2015 | 28 | 212.12 | 10.21 | 20.69 | 8083.4 | 24.37 | 24.37 | 11.49 |
| | | | | | 10.21 | 20.69 | 8083.4 | 24.37 | | |
| DT-06 | FAZ-50%-280-FLUI-SA | 29/09/2015 | 28 | 251.85 | 10.21 | 20.84 | 8260 | 24.73 | 24.74 | 9.82 |
| | | | | | 10.21 | 20.81 | 8254.6 | 24.75 | | |
| DT-07 | FAZ-100%-210-PLAST-SA | 26/09/2015 | 28 | 201.83 | 10.2 | 20.78 | 5307.6 | 15.94 | 17.24 | 8.54 |
| | | | | | 10.18 | 20.79 | 6165.5 | 18.55 | | |
| DT-08 | FAZ-100%-280-SECO-CA | 02/09/2015 | 28 | 304.59 | 10.16 | 20.78 | 8307.6 | 25.05 | 24.81 | 8.15 |
| | | | | | 10.16 | 20.82 | 8165.5 | 24.56 | | |
| DT-09 | SUP-0%-210-PLAST-SA | 09/10/2015 | 28 | 224.7 | 10.19 | 20.92 | 7100.4 | 21.21 | 20.78 | 9.25 |
| | | | | | 10.17 | 20.82 | 6764.7 | 20.34 | | |
| DT-10 | SUP-0%-280- | 09/10/2015 | 28 | 335.86 | 10.19 | 20.71 | 9893.2 | 29.84 | 28.8 | 8.58 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------|------------|----|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | FLUI-CA | | | | 10.2 | 20.72 | 9211.9 | 27.76 | | |
| DT-11 | SUP-20%-210- PLAST-CA | 30/09/2015 | 28 | 206.82 | 10.19 | 20.8 | 6008.5 | 18.05 | 19.04 | 9.21 |
| | | | | | 10.19 | 20.79 | 6662.6 | 20.03 | | |
| DT-12 | SUP-20%-280- SECO-SA | 07/10/2015 | 28 | 301.83 | 10.17 | 20.89 | 7470.2 | 22.4 | 22.3 | 7.39 |
| | | | | | 10.19 | 20.87 | 7414.2 | 22.21 | | |
| DT-13 | SUP-50%-210- SECO-SA | 15/09/2015 | 28 | 213.95 | 10.19 | 20.71 | 5086.7 | 15.36 | 15.36 | 7.18 |
| | | | | | 10.19 | 20.71 | 5086.7 | 15.36 | | |
| DT-14 | SUP-50%-280- PLAST-CA | 30/09/2015 | 28 | 306.52 | 10.19 | 20.85 | 7195 | 21.56 | 23.53 | 7.68 |
| | | | | | 10.19 | 20.85 | 8510.7 | 25.5 | | |
| DT-15 | SUP-100%- 210-FLUI-CA | 28/09/2015 | 28 | 182.99 | 10.19 | 20.7 | 6883.7 | 20.79 | 20.38 | 11.14 |
| | | | | | 10.19 | 20.68 | 6606.4 | 19.97 | | |
| DT-16 | SUP-100%- 280-SECO-SA | 10/09/2015 | 28 | 264.72 | 10.18 | 20.71 | 8803.4 | 26.6 | 26.6 | 10.05 |
| | | | | | 10.18 | 20.71 | 8803.4 | 26.6 | | |

Un diseño de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, tiene menor resistencia a la tracción diametral que un diseño con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$; tal como se demuestra en la siguiente tabla; además que a medida que se incrementa el porcentaje del agregado reciclado este disminuye.

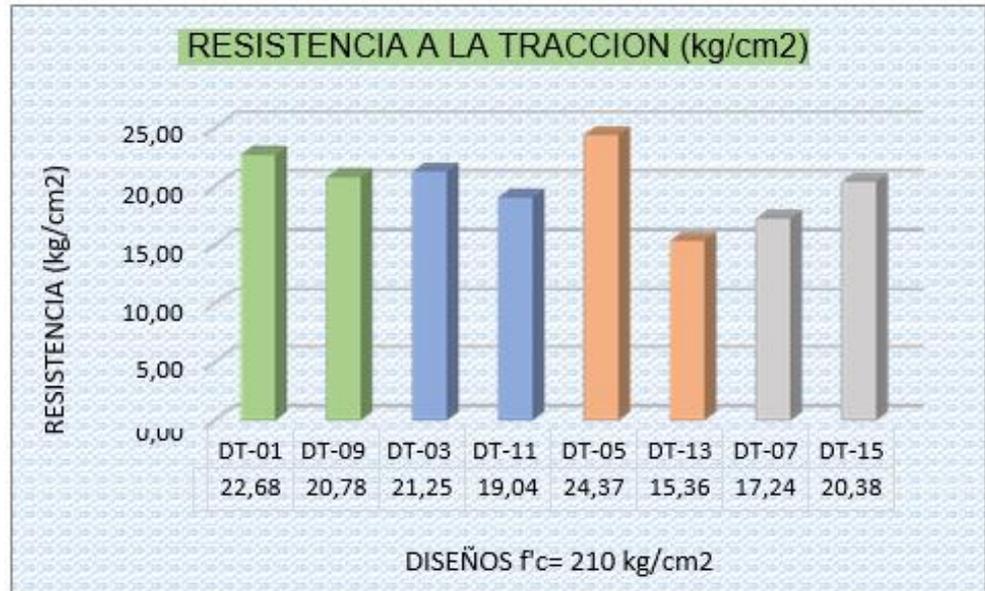


Figura 17. Resistencia a la tracción de diseños con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

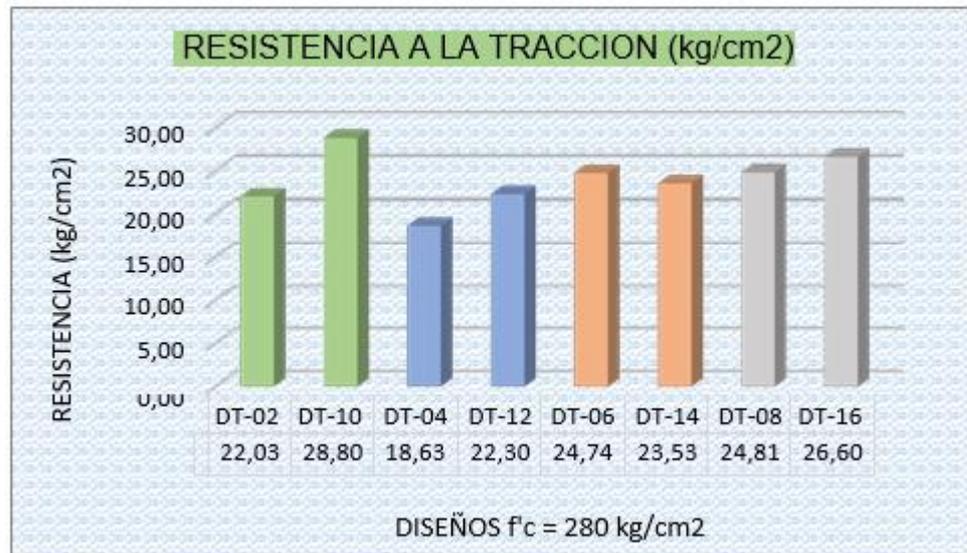


Figura 18. Resistencia a la tracción de diseños con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

El factor que influye sobre la resistencia a la tracción diametral del concreto reciclado es la resistencia a la compresión; como se sabe en un concreto convencional la resistencia a la tracción es aproximadamente del 10% de la resistencia a la compresión pudiéndose comprobar que también ocurre lo mismo en el concreto reciclado.

4.2.3. Resistencia a la flexión

Tabla 15. Resistencia a la flexión.

| Diseño | Código | Ancho (mm) | Altura (mm) | Luz entre apoyos (mm) | Carga máxima (KN) | Módulo de rotura (Mpa) | Promedio de módulo de rotura (Mpa) |
|--------|-----------------------|------------|-------------|-----------------------|-------------------|------------------------|------------------------------------|
| DT-01 | FAZ-0%-210-SECO-CA | 103.95 | 102.1 | 300 | 17.2 | 4.76 | 4.76 |
| | | 104 | 102.2 | 300 | 17.2 | 4.75 | |
| DT-02 | FAZ-0%-280-PLAST-SA | 104.8 | 104.5 | 300 | 16.2 | 4.25 | 4.24 |
| | | 104.6 | 104.7 | 300 | 16.2 | 4.24 | |
| DT-03 | FAZ-20%-210-FLUI-SA | 103.3 | 101.4 | 300 | 11.2 | 3.16 | 3.15 |
| | | 103.5 | 101.6 | 300 | 11.2 | 3.14 | |
| DT-04 | FAZ-20%-280-PLAST-CA | 100.3 | 100 | 300 | 11.8 | 3.53 | 3.53 |
| | | 100.1 | 100.2 | 300 | 11.8 | 3.52 | |
| DT-05 | FAZ-50%-210-PLAST-CA | 102.3 | 102.1 | 300 | 12.84 | 3.61 | 3.62 |
| | | 101.9 | 101.8 | 300 | 12.79 | 3.63 | |
| DT-06 | FAZ-50%-280-FLUI-SA | 101.3 | 103.6 | 300 | 16 | 4.41 | 4.43 |
| | | 101.25 | 103.55 | 300 | 16.1 | 4.45 | |
| DT-07 | FAZ-100%-210-PLAST-SA | 102.9 | 101 | 300 | 10.1 | 2.89 | 2.89 |
| | | 103.1 | 101.3 | 300 | 10.2 | 2.89 | |
| DT-08 | FAZ-100%-280-SECO-CA | 102.3 | 100.8 | 300 | 14.86 | 4.29 | 4.28 |
| | | 101.8 | 101.3 | 300 | 14.9 | 4.28 | |
| DT-09 | SUP-0%-210-PLAST-SA | 102.5 | 100 | 300 | 13 | 3.8 | 3.83 |
| | | 102.38 | 99.8 | 300 | 13.1 | 3.85 | |
| DT-10 | SUP-0%-280-FLUI-CA | 104 | 103.9 | 300 | 16.1 | 4.3 | 4.3 |
| | | 103.86 | 104.5 | 300 | 16.23 | 4.29 | |
| DT-11 | SUP-20%-210-PLAST-CA | 103.4 | 103.43 | 300 | 13.8 | 3.74 | 3.74 |
| | | 103.38 | 103.5 | 300 | 13.83 | 3.75 | |

| | | | | | | | |
|-------|----------------------|--------|--------|-----|-------|------|------|
| DT-12 | SUP-20%-280-SECO-SA | 104 | 102.85 | 300 | 15.9 | 4.34 | 4.34 |
| | | 103.9 | 103.2 | 300 | 15.99 | 4.34 | |
| DT-13 | SUP-50%-210-SECO-SA | 101.45 | 100.7 | 300 | 13.54 | 3.95 | 3.95 |
| | | 101.23 | 101.2 | 300 | 13.65 | 3.95 | |
| DT-14 | SUP-50%-280-PLAST-CA | 101.6 | 101.68 | 300 | 14.6 | 4.17 | 4.17 |
| | | 101.35 | 102 | 300 | 14.65 | 4.17 | |
| DT-15 | SUP-100%-210-FLUI-CA | 102.2 | 101.85 | 300 | 9.6 | 2.72 | 2.72 |
| | | 102 | 102 | 300 | 9.65 | 2.73 | |
| DT-16 | SUP-100%-280-SECO-SA | 101.35 | 103.55 | 300 | 13.8 | 3.81 | 3.85 |
| | | 101 | 103.2 | 300 | 13.95 | 3.89 | |

Los factores que influyen sobre la resistencia a la flexión del concreto reciclado son el porcentaje de sustitución, resistencia a la compresión y asentamiento.



Figura 19. Resistencia a la tracción de diseños con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

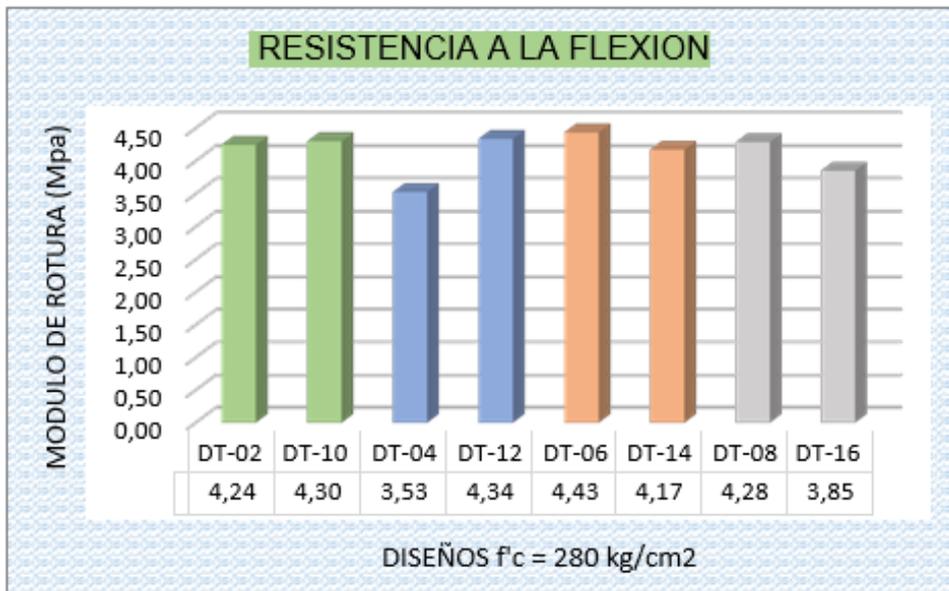


Figura 20. Resistencia a la tracción de diseños con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

- Para un 0 % de sustitución con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseños con consistencia seca tienen mayor resistencia a la flexión.
- Para un 0 % de sustitución con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseños con consistencia fluida y plástica tienen similares resistencias a la flexión.

- Para un 20 % de sustitución con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseño con consistencia plástica tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia fluida.
- Para un 20 % de sustitución con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseño con consistencia seca tiene mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- Para un 50 % de sustitución con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseño con consistencia seca tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- Para un 50 % de sustitución con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseño con consistencia fluida tiene mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- Para un 100% de sustitución con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseños con consistencia plástica tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia fluida.
- Para un 100 % de sustitución con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseños con consistencia seca tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.

4.2.4. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson.

A continuación, se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados, obtenidos de la medida del módulo de elasticidad de las probetas de concreto reciclado y natural a los 28 días en estado endurecido y realizado en cuatro diseños, los análisis obtenidos se pueden observar en los siguientes gráficos:

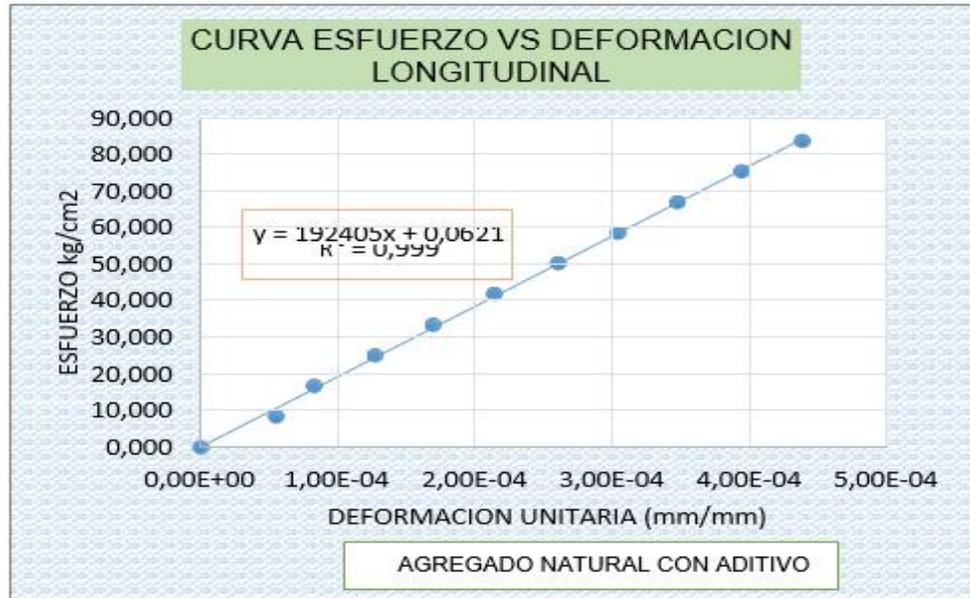


Figura 21. Módulo de elasticidad de diseño con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con agregado natural con aditivo.

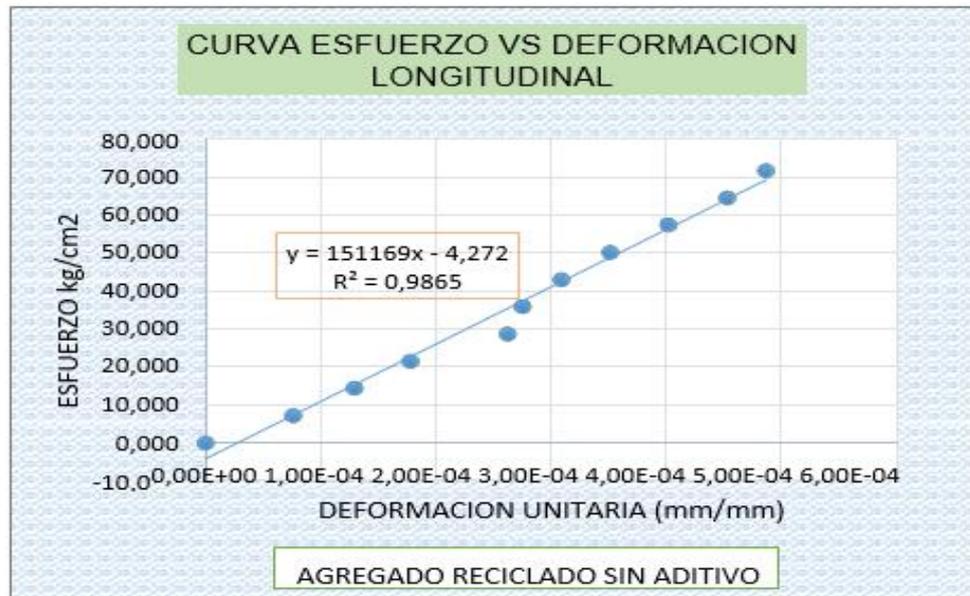


Figura 22. Módulo de elasticidad de diseño con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con agregado reciclado sin aditivo.

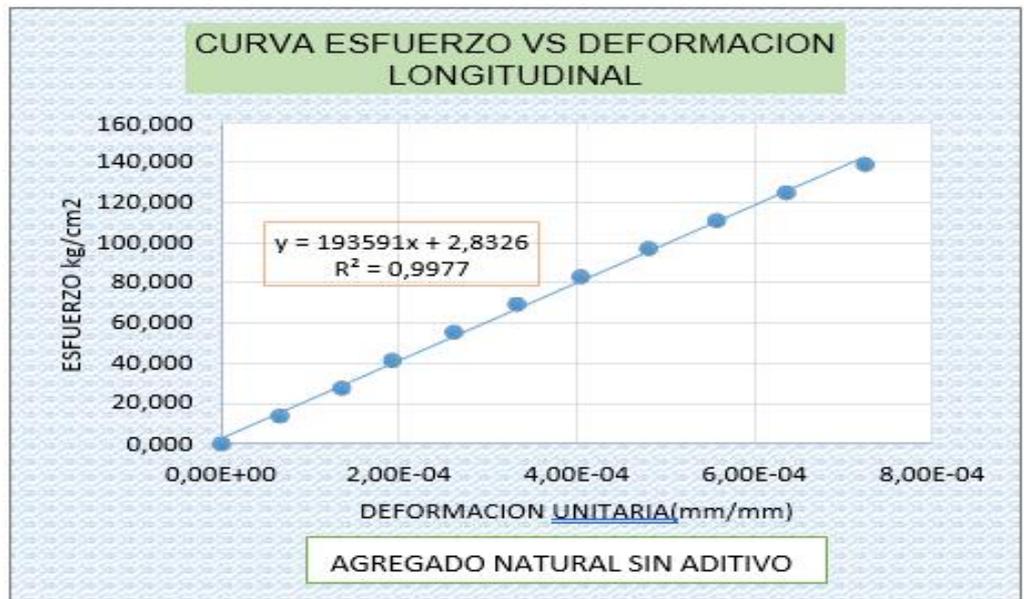


Figura 23. Módulo de elasticidad de diseño con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con agregado natural sin aditivo.

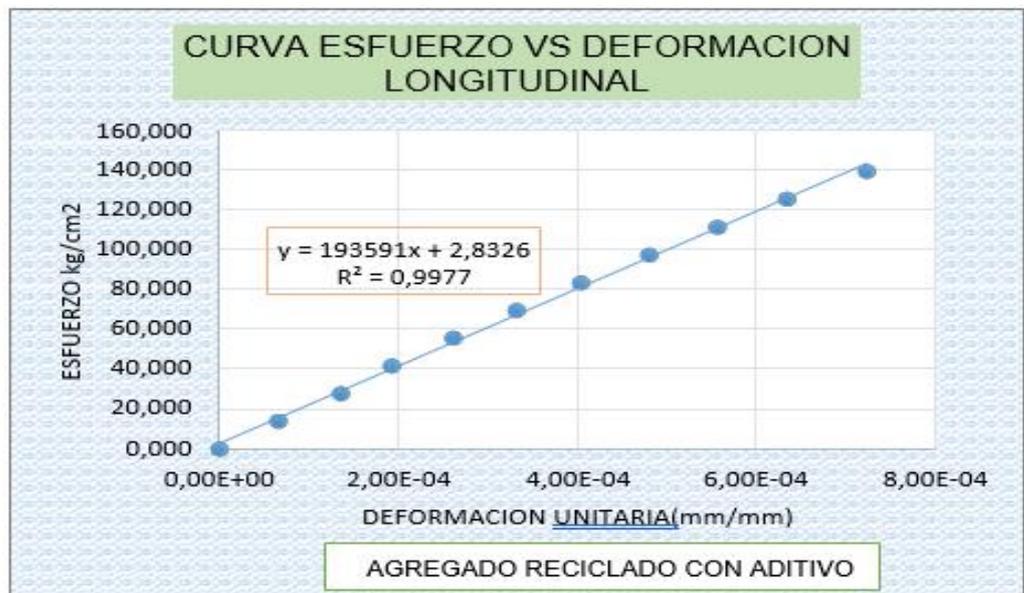


Figura 24. Módulo de elasticidad de diseño con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con agregado reciclado con aditivo.

De los gráficos anteriores se puede observar que el módulo de elasticidad depende de la resistencia del concreto. Para el caso del concreto reciclado se observa una disminución del módulo de elasticidad esto debido al tipo de los agregados.

En ambos casos el concreto convencional y reciclado no cumplen con las formulas dadas para el cálculo de módulo de

elasticidad que es $E=15000\sqrt{f'c}$, por lo que se recomienda hacer más frecuentes estos ensayos para un correcto uso de este valor que es muy importante al momento de hacer los diseños de las estructuras.

También se puede observar que la disminución del módulo respecto al de la formula esta entre el rango del 88% y 74%.

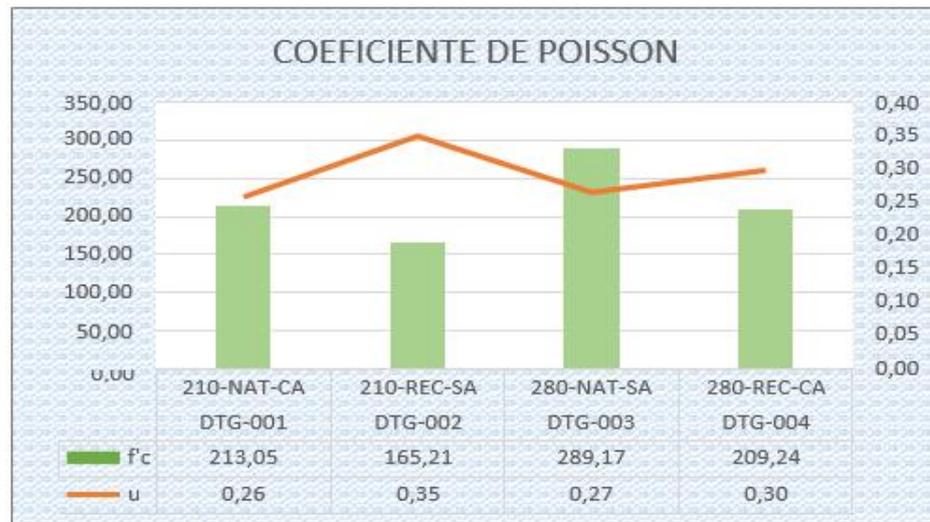


Figura 25. Coeficiente de Poisson.

Respecto al ensayo de coeficiente de Poisson están en un rango de 0.25 - 0.35. Este depende del módulo de elasticidad y de la resistencia a la compresión.

Se observa cierto aumento del módulo de Poisson de los concretos reciclados respecto a los convencionales.

En la figura se observa que el valor más alto obtenido de $u=0.35$ que tiene la menor resistencia a la compresión.

4.3. Comportamiento estructural de viviendas básicas con concreto reciclado.

4.3.1. Peso de la vivienda

Las viviendas de concreto reciclado son más ligeras si las comparamos con una vivienda convencional, esto se debe a que el peso unitario del concreto reciclado es de 2280 kg/m^3 .

En la siguiente figura se puede observar que la variación de peso es de 2 Toneladas aproximadamente, esto se debe a la presencia de mortero adherido que tienen los agregados reciclados.

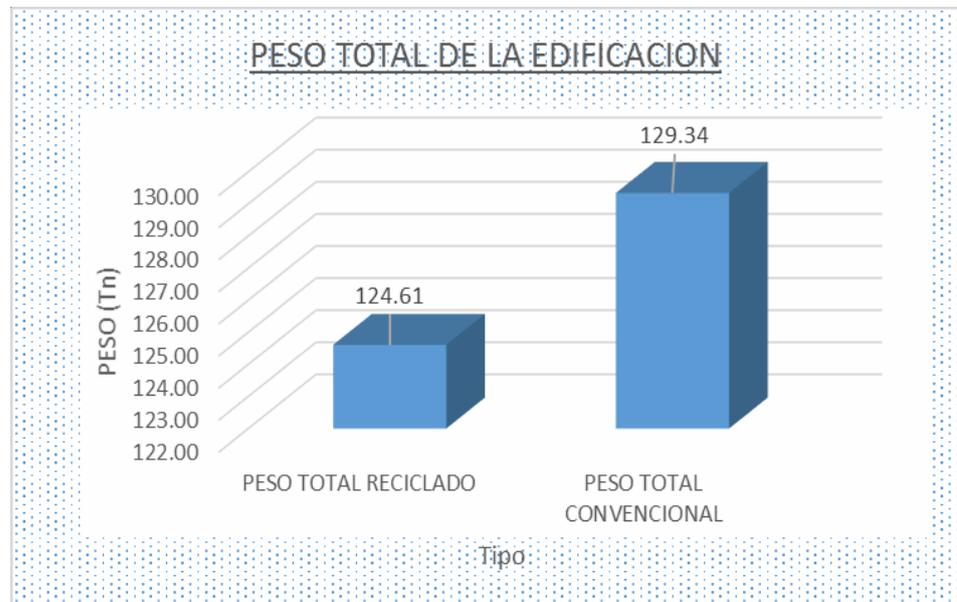


Figura 26. Peso total de la vivienda.

4.3.2. Fuerza cortante en la base

El peso de la estructura también modifica la cortante basal en el análisis estático.

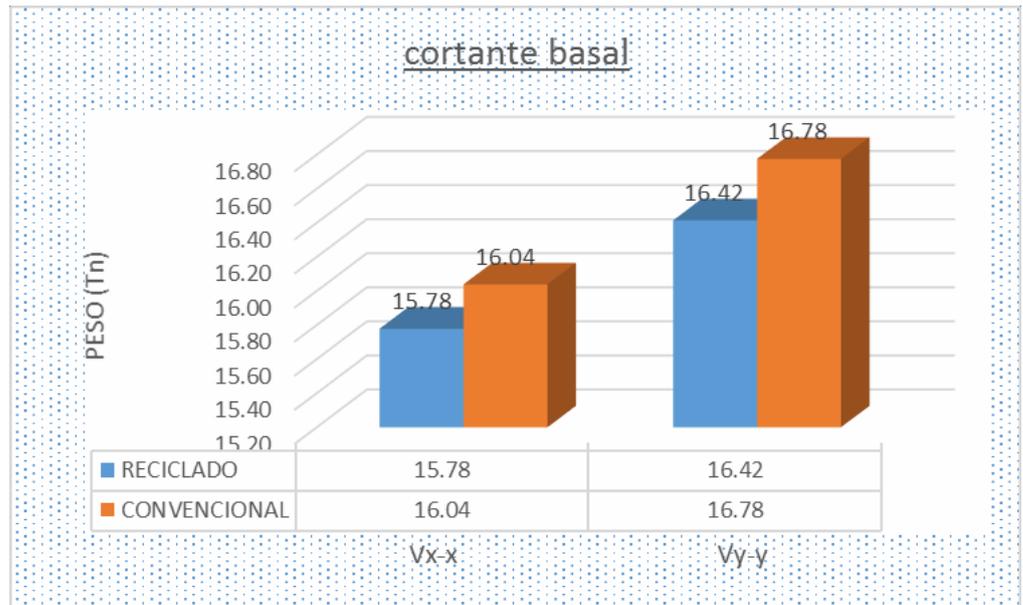


Figura 27. Cortante basal.

En la Figura 27 se puede observar que la variación es de 4.73 Tn.

4.3.3. Desplazamientos

Las viviendas de concreto reciclado y convencional no tienen los mismos desplazamientos, las viviendas de concreto reciclado tienen desplazamientos mayores debido a que el peso de la vivienda es inferior a la de un concreto convencional, aun así, los desplazamientos cálculos se encuentran dentro de los parámetros que especifica la Norma E 030. Ningún desplazamiento es mayor a 0,007.

El aumento en el desplazamiento también se debe a la disminución del módulo de elasticidad. Según el ensayo realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería, el módulo de elasticidad varía en un 10 % aproximadamente.

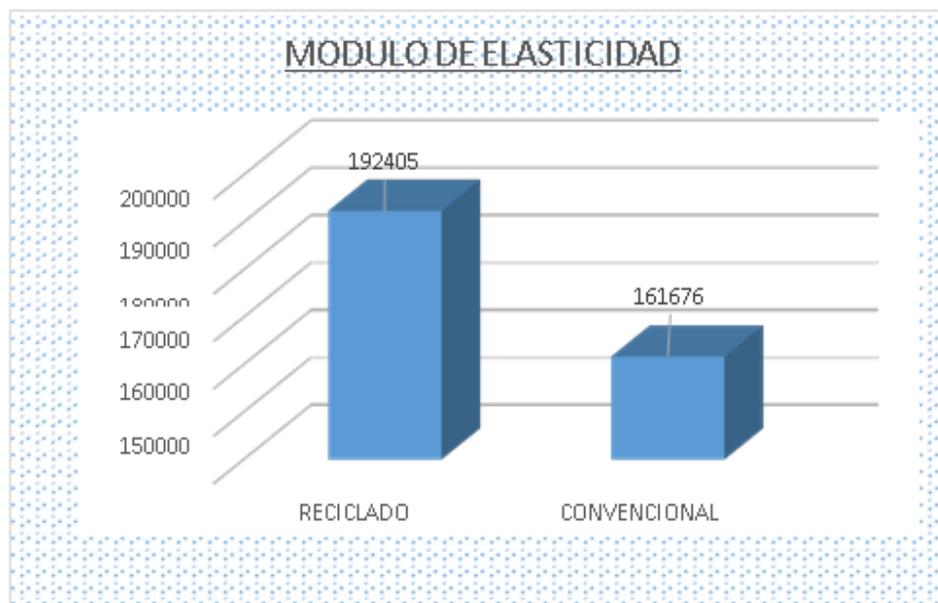


Figura 28. Módulo de elasticidad del concreto.

4.3.4. Costos

Los costos varían de acuerdo al diseño de mezcla elegido, el diseño más económico es el diseño DT-07, en el cual el metro cubico de concreto es de S/ 182.13 soles, y de comparar con el costo de un metro cubico de concreto convencional, la diferencia es de S/ 2.77 soles.

Tabla 16. Costo de la utilización de concreto convencional y reciclado.

| Tipo de concreto | Metrado (m ³) | Precio (S/.) | Total (S/.) | Diferencia (S/.) |
|------------------|---------------------------|--------------|-------------|------------------|
| Convencional | 155.82 | 179.36 | 27948.04 | 431.86 |
| Reciclado | 155.82 | 182.13 | 28379.91 | |

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Propiedades físicas del concreto reciclado

Para determinar cómo es que el uso del agregado reciclado varía las propiedades físicas del concreto en estado fresco se ha realizado una variedad de pruebas estandarizadas; en tal contexto, según los resultados se presenta las discusiones de las propiedades evaluadas en los siguientes párrafos.

El asentamiento es una de las principales propiedades del concreto que indican la trabajabilidad de este al momento de su colocación; es un indicador importante de la relación agua/cemento de la mezcla el cual está muy relacionado con la resistencia a la compresión; en tal sentido se puede mencionar que mientras más fluida sea la mezcla la resistencia final del concreto debe disminuir; a menos que se usen aditivos que controlen tales características. Con base a lo anterior se puede mencionar que, de acuerdo a los valores obtenidos en los resultados, el slump tiende

a disminuir; esto debido principalmente a que el agregado, por poseer porciones de concreto reciclado, absorbe una mayor cantidad de agua, generando una masa seca y menos trabajable. Por tal razón fue necesario determinar si dicha situación es controlable con la adición de un aditivo; mostrando así que la incorporación mejora la trabajabilidad de la mezcla y por ende la trabajabilidad.

El peso unitario del concreto se puede comprender como la relación del peso por una unidad de volumen. Esta propiedad es importante debido a que mediante ella se puede establecer si un concreto será pesado o ligero. En tal sentido los resultados obtenidos muestran que la variación del peso unitario de los tipos de concreto ensayados, está comprendido entre 2 314 y 2 442 kg/m³; el cual se puede considerar según Abanto (2009) como un concreto normal; esto también indica que, la adición del concreto reciclado en una mezcla no modificaría esta propiedad.

Con respecto al rendimiento del concreto se puede mencionar que este es la cantidad de mezcla que se puede obtener a partir de una dosificación establecida; y según los datos obtenidos, el concreto con aditivos presentan mayor rendimiento que los que no lo poseen; tal como se muestra en la Figura 6 y Figura 7. Esto demuestra que la incorporación del concreto reciclado disminuye el rendimiento del concreto, sin embargo, la adición de algún aditivo plastificante puede disminuir o mejorar esta propiedad.

Otro aspecto de suma importancia en las propiedades físicas del concreto es el contenido de aire; pues según Vasquez Jauregui (2015) su excesiva presencia puede disminuir drásticamente la resistencia final del concreto. De acuerdo a lo anterior, los resultados muestran que a pesar de la incorporación del concreto reciclado hasta en un 100% los valores del aire incorporado no superan el 2%; esto indica que su incorporación no debe incidir en la resistencia final; sin embargo, es dable resaltar que de los dos tipos de agregado analizados el concreto FAZ, presenta mayor cantidad de aire con respecto al SUPERMIX.

Con respecto a la exudación se puede explicar que es la cantidad de agua que el concreto pierde cuando se segrega, perjudicando así a que se realice una adecuada mezcla entre el cemento y los agregados (Abanto, 2009). Según los resultados se tiene que el concreto elaborado con material reciclado tiene mayor exudación que los elaborados de manera convencional; sin embargo, los valores no son muy significativos, por lo que la manera de cómo se curará dicho material será igual al del concreto convencional.

Finalmente, la última propiedad física evaluada del concreto fue el tiempo de fraguado, el cual indica la cantidad de tiempo que toma el concreto de pasar de un estado fresco a uno endurecido; en tal sentido y de acuerdo a lo obtenido en laboratorio se puede establecer que el concreto reciclado fragua en menos tiempo que el concreto convencional; esto demuestra que su uso debe de ser de manera cuidadosa y que debe ser controlada en obras en que sea importante disminuir el tiempo de fragua.

5.2. Propiedades mecánicas del concreto reciclado

Con respecto a las propiedades mecánicas del concreto se puede mencionar que son las que mayor importancia o relevancia poseen, pues muchas de las normativas actuales ponen parámetro basados mayoritariamente en ellas; en tal contexto en la presente investigación se discutirán las siguientes propiedades:

La resistencia a la compresión es la característica más importante que posee; esta se puede definir como la capacidad de resistencia a fuerzas de compresión; y generalmente son evaluadas a los 7, 14 y 28 días; en tal contexto, los resultados muestran que tanto para una resistencia de 210 y 280 kg/cm² la adición del material reciclado disminuye la resistencia del concreto; siendo el más crítico el que posee una proporción del 100%; cabe resaltar que con un porcentaje de 20%; el valor de la resistencias

aún son superiores al valor de diseño esperado para todos los casos estudiados.

Otro aspecto, aunque secundario, es la resistencia a la tracción del concreto, el cual se puede comprender como la capacidad de resistir fuerzas a flexión. Esta propiedad no resulta de gran importancia en proyectos de edificaciones, pues es conocido que el concreto no posee grandes valores de resistencia, por lo que es necesario reforzarlas; sin embargo en proyectos de pavimentación, su importancia cobra mayor relevancia, pues es prácticamente el concreto quien resiste todas las cargas que se presentan; en función a lo mencionada, los resultados muestran que, para las resistencia a la compresión de 210 y 280 kg/cm² la flexión disminuye con la adición de 100 % de agregado reciclado; sin embargo, se puede mencionar que no ha habido una variación considerable hasta una concentración del 50 %.

Como parte final de evaluación de la presente investigación, se estimó el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson, los cuales fueron evaluados con las probetas obtenidas a los 28 días; de estos se puede observar que el módulo de elasticidad al igual que la resistencia a la compresión del concreto esta disminuye; además que, al comparar los resultados de laboratorio con la fórmula establecida en normativas, existe una variación de 14 %.

Con respecto al coeficiente de Poisson, los resultados indican que su valor oscila entre 0.25 – 0.35; destacando un incremento de su valor cuando se hace uso de material reciclado.

5.3. Comportamiento estructural de viviendas básicas con concreto reciclado

La importancia de obtener propiedades del concreto reciclado, es establecer cómo se comporta ante un análisis estructural de una vivienda, para así definir si su uso es o no adecuada; en este sentido, con las

propiedades determinadas se ha realizado un modelamiento estructural del cual se puede mencionar:

El peso de las viviendas con material reciclado es más ligero que el convencional; pues su valor es de 2280 kg/m^3 ; siendo la diferencia de aproximadamente de 2 toneladas con respecto a uno elaborado de forma convencional (ver Figura 26).

Con respecto a las fuerzas cortantes en la base; se puede observar su valor es menor con respecto a uno elaborado de manera convencional; este valor generalmente es de 4.73 toneladas; si bien es cierto que se ha reducido; pero esta disminución no es muy significativa por lo que se puede considerar que no hay grandes variaciones con respecto al modelamiento de una vivienda de un concreto convencional

Con respecto a los desplazamientos se puede mencionar que estos son mayores a las estructuras elaboradas con concreto convencional; esto se debe generalmente a la disminución de algunas propiedades y al peso de la edificación; sin embargo, a pesar de esta disminución en ningún caso esta tiene valores menores a 0.007.

Para establecer si el uso del material de concreto reciclado es conveniente para su uso en viviendas, se ha realizado un análisis de costos; demostrando así que el uso del concreto con material reciclado es más costoso en 2.77 soles por metro cúbico que el concreto convencional; este incremento se debe principalmente a que el procesamiento del tratamiento del material reciclado es un valor que no se debe dejar de lado.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados, técnicamente el uso del concreto reciclado no difiere significativamente del concreto convencional; sin embargo, al representar un alto costo de producción, económicamente este no es viable para la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo.
2. Las propiedades físicas del concreto utilizando agregado reciclado difieren de manera no significativa de las propiedades como, el asentamiento, peso unitario, rendimiento, contenido de aire, exudación y el tiempo de fraguado; sin embargo, estas propiedades pueden mejorarse si se usa aditivos; en la que la dosificación no supere una concentración del 1.5 %.
3. Según los resultados obtenidos las propiedades mecánicas del concreto elaborado con agregado reciclado son menores que los obtenidos de manera convencional; sin embargo, estos valores no difieren significativamente y solo con una concentración mayor al 50 % está por debajo de las resistencias diseñadas; esto demuestra que el uso de este material técnicamente es adecuado hasta una concentración del 20 %.
4. Debido a que los valores del concreto con agregado reciclado son menores en comparación a los elaborados de manera convencional, el comportamiento estructural es menor; pues la cortante basal es menor y los desplazamientos son mayores; sin embargo, en ningunos de los casos están por debajo de los límites permisibles.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar la investigación, mediante la consideración de que el agregado reciclado tenga resistencias mayores a los de 210 kg/cm^2 .
2. Se recomienda al municipio de Huancayo, establecer lugares de acopio de material de construcción, pues con esta medida el costo para la obtención del agregado reciclado se reduciría.
3. Si se pretende hacer uso del concreto reciclado se recomienda para no tener inconvenientes de trabajabilidad considerar un tipo de aditivo plastificante.
4. Para obtener las consistencias deseadas al momento de la elaboración del concreto reciclado, se recomienda incrementar la cantidad de agua respecto a lo usado convencionalmente.
5. Es recomendable realizar el control de calidad de los agregados con frecuencia, así garantizaremos la calidad del concreto reciclado.
6. Se recomienda hacer estudios del concreto reciclado para su aplicación en pavimentos rígidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abanto, F. (2009). *Castillo Flavio2009.pdf*. Lima - Perú.
2. Asencio, A. (2014). *Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$* . Universidad Nacional de Cajamarca.
3. ASTM:C231. (2014). Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión. EE.UU: American Society for Testing and Materials.
4. ASTM:C403. (2013). Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. EE.UU: American Society for Testing and Materials.
5. Astorga, A., & Rivero, P. (2009). Definición de términos básicos módulo iii – sección i. *Centro de Investigacion En Gestion Integral de Riesgos*.
6. Bedoya, C., & Dzul, L. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 30, 99–108.
7. Chasquero, J., & Hurtado, H. (2019). *Uso del concreto reciclado proveniente de demoliciones para la producción de afirmado*. Universidad Nacional de Jaén.
8. El correo. (2014, October). Alcaldes deben combatir contaminación por residuos de construcciones. *Diario El Correo*, pp. 1–4.
9. Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 29, 234–254.
10. Gonzales, E. (2016). *Caracterización mecánica del concreto usando ensayos no destructivos de resonancia por impacto y vibración ambiental*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
11. Google Earth. (2019). Google Earth Pro.

12. Martínez, I., & Mendoza, C. (2006). Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, VII, 151–164.
13. NTP: 399.622. (2015). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA . Métodos de ensayo para evaluación de morteros de albañilería , antes y durante la construcción.* (INACAL, Ed.). Lima - Perú, Peru.
14. NTP:339.034. (2015). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima - Perú: INACAL.
15. NTP:339.035. (2015). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Lima - Perú: INACAL.
16. NTP:339.077. (2013). Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto. Lima - Perú: INACAL.
17. NTP:339.078. (2012). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Lima - Perú: INACAL.
18. Pérez, Á. (2012). *Triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto.* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
19. Ramos, J. (2018). *Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de Lince, Lima 2018.* Universidad César Vallejo.
20. Tafur, Y. (2015). *Estudio del comportamiento físico-mecánico del concreto diseñado y elaborado con agregado grueso reciclado en la ciudad de Cajamarca.* Universidad Nacional de Cajamarca.
21. Yaya, M. (2017). Diseño de mezclas. Trujillo-Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/269865507/Diseno-de-Mezclas>

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia

Tesis: “Uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo – 2018”

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
|---|--|--|--|---|---|---|
| <p>Problema general: ¿Será posible el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo - 2018?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cómo varía las propiedades físicas del concreto, el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas? b) ¿Cuál es la variación en las propiedades mecánicas del concreto, al usar el concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas? c) ¿Cómo es el comportamiento estructural de viviendas básicas al usar concreto reciclado ?</p> | <p>Objetivo general: Analizar el uso de agregados reciclados en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo - 2018.</p> <p>Objetivos específicos: a) Establecer la variación de las propiedades físicas del concreto, el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas. b) Determinar la variación en las propiedades mecánicas del concreto, el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas. c) Obtener el comportamiento estructural de viviendas básicas al usar concreto reciclado.</p> | <p>Hipótesis general: Si es posible el uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo – 2018.</p> <p>Hipótesis específicas: a) El uso del concreto reciclado mejora las propiedades físicas del concreto en la construcción de viviendas básicas. b) El uso del concreto reciclado mejora las propiedades mecánicas del concreto en la construcción de viviendas básicas. c) El comportamiento estructural de viviendas básicas es mejor al usar concreto reciclado.</p> | <p>Variable independiente (X): Concreto reciclado</p> <p>Variable dependiente (Y): Construcción de viviendas</p> | <p>- Propiedades físicas</p> <p>-Propiedades mecánicas</p> <p>- Comportamiento estructural</p> <p>- Costos.</p> | <p>-Asentamiento. -Peso unitario. -Rendimiento del concreto. -Contenido de aire. -Exudación. Tiempo de fragua.</p> <p>-Resistencia a la compresión. -resistencia a la tracción. -Resistencia a la flexión. -Módulo de elasticidad. -Coeficiente Poisson.</p> <p>-Peso de la vivienda -Fuerza cortante basal. -Desplazamientos</p> <p>-Costo por m³ de concreto</p> | <p>Método general: Método científico.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel: Descriptivo-explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> <p>Población: Correspondió a 1026 especies de concreto.</p> <p>Muestra: Se utilizó el censo debido a que la muestra fue pequeña, por lo que la población es igual a la muestra.</p> |

**ANEXO N° 02: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA DE CONCRETO
RECICLADO**

DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE CONCRETO CONVENCIONAL Y RECICLADO

6. 1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA CON AGREGADO NATURAL

6.1.1.1. DESCRIPCIÓN

6.1.1. 1.1.1. UBICACIÓN

La ubicación de la siguiente Vivienda Unifamiliar se encuentra ubicado en la Av. Bolognesi s/n, Lote 9, Sector Pago Collana, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Huancayo.

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Superficie

El área del terreno es de 131,81 m²

Perímetro

Perímetro total del terreno es de 49,22 m

6.2. Linderos

- Por el frente : Con el Pasaje Vásquez; en línea recta de 8,00 m.
- Por la Derecha: Con Lote 10; en línea recta de 17,01 m.
- Por la izquierda: Con Lote 08; en línea recta de 16,21 m.
- Por el fondo : Con la Urbanización Pescaserolli; en línea recta de 8,00 m

6.3. Cuadro de áreas

Cuadro 1. Cuadro de áreas por piso.

| Descripción | Área inscrita | Área techada | Área libre |
|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Primer nivel | 132.54 m ² | 89.45 m ² | 43.09 m ² |

| | | | |
|---------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Segundo nivel | 132.54 m ² | 89.45 m ² | 43.09 m ² |
| Azotea | 132.54 m ² | 89.34 m ² | 43.09 m ² |

6.4.1.2. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA

La distribución arquitectónica de la vivienda se muestra en el siguiente gráfico:

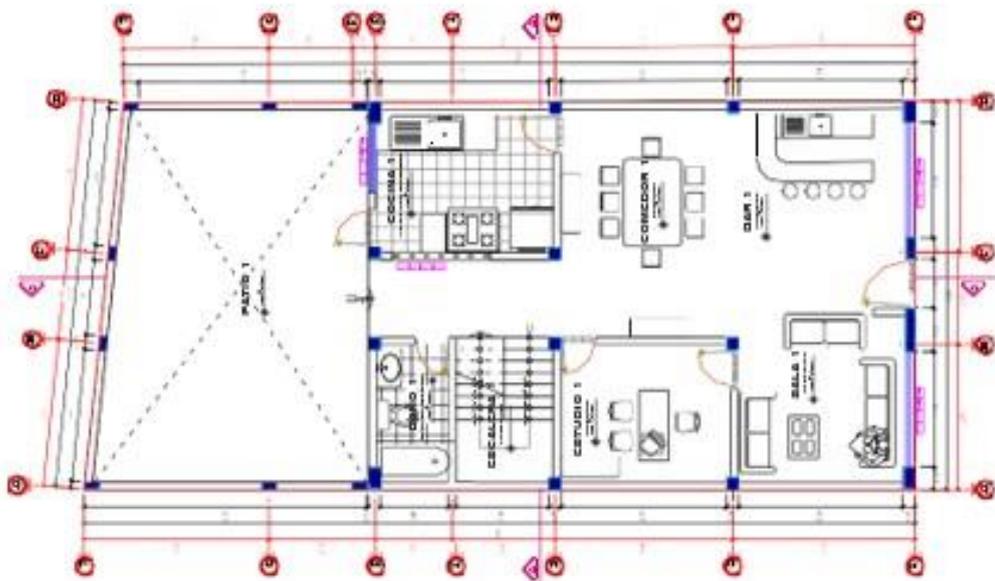


Gráfico 1. Vista en planta del primer y segundo piso.

6.4.1. 1.2.1. CUADRO DE ÁREAS POR AMBIENTE

Cuadro 2. Cuadro de áreas pro ambiente.

| Nivel | Ambiente | Área |
|-------|---------------------|----------------------|
| 1 er | Sala, comedor y bar | 47.64 m ² |
| | Cocina | 10.60 m ² |
| | Estudio | 7.99 m ² |
| | Patio | 47.88 m ² |
| 2 do | Hall y Estar TV | 17.51 m ² |
| | Dormitorio 1 | 12.66 m ² |
| | Dormitorio 2 | 10.00 m ² |
| | Dormitorio 3 | 15.77 m ² |
| | Baño 1 | 3.43 m ² |
| | Baño 2 | 3.02 m ² |

1.3. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA

7. UNIFAMILIAR CON CONCRETO CONVENCIONAL

1.3.1. Memoria de cálculo de una vivienda unifamiliar con concreto convencional

7.1. Generalidades

El presente análisis y diseño se realiza para modelar una vivienda unifamiliar con concreto convencional, el cual comprende realizar el análisis y diseño de infraestructura de la vivienda modelando tridimensionalmente mediante el uso de software ETAB V.2013. y haciendo uso de las propiedades halladas del concreto estudiado en los anteriores capítulos.

7.2. Reglamentos y normas de diseños

Las normas utilizadas para el análisis y diseño son las siguientes:

- NORMA E - 020 – CARGAS.
- NORMA E - 050 - SUELOS Y CIMENTACIÓN.
- NORMA E - 060 - CONCRETO ARMADO.
- NORMA E - 030 - DISEÑO SISMO RESISTENTE.
- NORMA E - 070 - ALBAÑILERÍA.

7.3. Estructuración

La vivienda está conformada por 02 niveles, el sistema estructural analizado es a base de pórticos y albañilería lo que corresponde a un sistema dual, en la dirección “x” aporticado, en la dirección “y” Dual (Pórticos y Muros de Albañilería).

Se ha empleado columnas cuadradas y placas en la dirección “x”, con losas aligeradas, para la cimentación se tienen zapatas aisladas y una zapata

combinada, corrimientos corridos de concreto ciclópeo, finalmente en forma conjunta soportarán las cargas laterales del sismo. Todas estas cargas serán transmitidas al suelo de cimentación.

7.4. Combinaciones de esfuerzos para la estructura

Para el análisis estructural de la vivienda unifamiliar con concreto convencional se hará un modelamiento tridimensional y se someterá a las siguientes combinaciones de cargas:

$$C1=1.4 CM+1.7 CV$$

$$C2= 1,24 (CM+CV+-CS)$$

$$C3= 0,90 CM +- 1,24 CS$$

Donde:

CM: Carga Muerta CV: Carga Viva

CS: Carga por sismo

Con estos juegos de cargas se ha realizado las combinaciones para cada uno de los elementos para determinar sus esfuerzos y verificar la resistencia de las mismas.

7.5. Análisis sísmico estático-dinámico

El análisis sísmico estático y dinámico en este trabajo está basado en el análisis de modal espectral considerado en la norma E-030-2 006, considerando todos los entresijos como una masa concentrada en el centro de masa y las columnas como elementos de rigidez.

7.6. Cargas actuantes

- Cargas Permanentes
 - Peso Propio de Elementos de Concreto Armado: $2\,400\text{ kg/m}^3$

- Peso de Acabados y Tabiquería: 200 kg/m²
- Cargas Vivas
- 7.7. □ Sobrecarga: 200kg/m²

Especificaciones para el diseño

- Materiales:
 - Resistencia a la Compresión del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 - Límite de Fluencia del Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 - Módulo de Elasticidad del Concreto $E_c = 11\,800 \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$
 - Módulo de Elasticidad del Acero $E_s = 2 \cdot E + 6.00 \text{ kg/cm}^2$
 - Radio de poisson $\nu = 0,30$

- Concreto:
 - Cimientos Corridos: C:H 1:10 +30% P.G. 6" MAX
 - Sobre cimientos: C:H 1:8 +25% P.M. 3" MAX
 - Solado Zapatas: C:H 1:12
 - Columnas: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 - Vigas: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 - Losa aligerada: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 - Zapatas: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 - Albañilería: $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$

- Recubrimientos:
 - Zapatas: 7,5 cm
 - Columnas y vigas: 4,0 cm
 - Vigas chatas y losas: 2,5 cm
 - Columnas de Amarre: 2,5 cm

- Suelo:

□ Capacidad Portante: $\sigma_t=2,00 \text{ kg/cm}^2$

• Profundidad de desplante: 1,5 m.

• Tipo de Suelo: Grava Mal Graduada con limos (GP GM) -

Sismicidad:

Espectro de respuestas de aceleración de acuerdo a la N.T.E.-030.

- Parámetros sísmicos:

• Factor de Uso de la Zona: Huancayo $Z=0,4$

• Factor de Uso: Categoría C $U=1,00$

• Factor de Suelo: Tipo II $S=1,20$

• Periodo de vibración del suelo $T_p=0,60 \text{ s}$

• Coeficiente Sísmico $C=2,5$

• Factor de Reducción "x" $R_d=8$

• Factor de Reducción "y" $R_d=7$

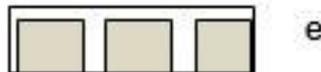
• Aceleración de la Gravedad $g=9,81 \text{ kg/cm}^2$

- Desplazamientos de entrepiso ○ Desplazamiento en Eje x-x $<0,007$ ○

Desplazamiento en Eje y-y $<0,005$

7.7.1. 1.3.2. Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales Losa aligerada

$$e = \frac{L}{25}$$



$L = 4 \text{ m}$ $e = 0,16\text{m}$; por razones constructivas

$e = 0,17 \text{ m}$.

Vigas

$$h = \frac{Ln}{n}; b = \frac{B}{20}$$

Ln: Luz libre de viga

B: Ancho tributario en el sentido b b: Ancho de viga (Anch min 0,25)

(b=0,3 @ 0,5 de h) h: Peralte de Viga Cuadro 3. Dimensiones de vigas.

| Vigas | Ancho (m) | Peralte (m) | Área (m2) |
|--------|-----------|-------------|-----------|
| VP-101 | 0.25 | 0.4 | 0.100 |
| VP-102 | 0.25 | 0.3 | 0.075 |
| VP-201 | 0.25 | 0.35 | 0.088 |
| VP-202 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| VS-101 | 0.25 | 0.3 | 0.075 |
| VS-102 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| VS-201 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| VS-202 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |

7.8. Columnas

$$D = \frac{P}{n \cdot f' \cdot c}$$

D: Dimensión de la sección en la dirección sísmica d: La otra dimensión de la columna

P: Carga total que soporta la columna n:
Valor que depende del tipo de columna
Cuadro 4. Dimensiones de columnas.

| Columnas | Ancho (m) | Peralte (m) | Área (m2) |
|----------|-----------|-------------|-----------|
| C-1 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| C-2 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| C-3 | 0.25 | 0.45 | 0.113 |
| P-1 | 0.2 | 0.9 | 0.180 |
| P-2 | 0.2 | 0.45 | 0.090 |

7.8.1. 1.3.3. Metrado de cargas

Primer nivel

Cuadro 5. Metrado de cargas primer nivel.

| Carga Muerta | Área | Long | p.e. | Cant | Peso Kg |
|--------------|------|------|------|------|---------|
| Elemento | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------------|--------------|-------------------|----------|-------|---|--------------------|
| Viga (VP-101) | (0,10) m2 | (30,04) | (2400) | (1) | = | 7 210 Kg |
| Viga (VS-101) | (0,08) m2 | (21,65) | (2400) | (1) | = | 3 897 Kg |
| Viga (VS-102) | (0,06) m2 | (4,23) | (2400) | (1) | = | 635 Kg |
| Viga (VCH) | (0,05) m2 | (1,60) | (2400) | (1) | = | 192 Kg |
| Columna (C-1) | (0,06) m2 | (2,95) | (2400) | (2) | = | 885 Kg |
| Columna (C-2) | (0,06) m2 | (2,95) | (2400) | (7) | = | 3 098 Kg |
| Placa (P-01) | (0,11) m2 | (2,95) | (2400) | (4) | = | 3 186 Kg |
| Placa (P-02) | (0,18) m2 | (2,95) | (2400) | (1) | = | 1 274 Kg |
| Placa (P-03) | (0,09) m2 | (2,95) | (2400) | (1) | = | 623 Kg |
| Losa Aligerada | (75,06) m2 | | (280) | (1) | = | 21 017 Kg |
| Tabiquería | (75,06) m2 | | (100) | (1) | = | 7 506 Kg |
| Acabados | (75,06) m2 | | (100) | (1) | = | 7 506 Kg |
| W | | | | | | Kg |
| Carga Viva | | | | | | |
| Elemento | | | | | | |
| | Área | p.u. Kg/m2 | | | | so Kg |
| Sobre/Carga | (89,44) m2 | (200) | (0,50) | | = | 8 944 Kg |
| W | | | | | | Kg |
| total 1º N CM + CV | | | | | | kg |
| W t 1 | | | | | | = 65 972 kg |

Cuadro 6. Metrado de cargas segundo nivel.

| Carga Muerta | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|---|----------|-------------------------|
| Elemento | Área | Long | p.e. | Cant | = | Peso Kg | |
| Viga (VP-201) | (0,09) m2 | (30,04) | (2400) | (1) | = | 6 308 | Kg |
| Viga (VS-201) | (0,06) m2 | (21,65) | (2400) | (1) | = | 3 248 | Kg |
| Viga (VS-202) | (0,06) m2 | (4,23) | (2400) | (1) | = | 635 | Kg |
| Viga (VCH) | (0,05) m2 | (1,60) | (2400) | (1) | = | 192 | Kg |
| Columna (C-1) | (0,06) m2 | (2,80) | (2400) | (2) | = | 840 | Kg |
| Columna (C-2) | (0,06) m2 | (2,80) | (2400) | (7) | = | 2 940 | Kg |
| Placa (P-01) | (0,11) m2 | (2,80) | (2400) | (4) | = | 3 024 | Kg |
| Placa (P-02) | (0,00) m2 | (2,80) | (2400) | (1) | = | 0 | Kg |
| Placa (P-03) | (0,18) m2 | (2,80) | (2400) | (1) | = | 1 210 | Kg |
| Losa Aligerada | (75,06) m2 | | (280) | (1) | = | 21 017 | Kg |
| Tabiquería | (75,06) m2 | | (100) | (1) | = | 7 506 | Kg |
| Acabados | (75,06) m2 | | (100) | (1) | = | 7 506 | Kg |
| ∑ Total CM | | | | | | = | 54 425 Kg |
| Carga Viva | | | | | | | |
| Elemento | Área | p.u. Kg/m2 | | | = | Peso Kg | |
| Sobre/Carga | (89,44) | (200) | (0,50) | | = | 8 944 | Kg |
| ∑ Total CV | | | | | | = | 8 944 Kg |
| total 2º N CM + CV <u>W t</u> | | | | | | = | <u>63 369 kg</u> |

7.8.2. 1.3.4. Análisis estático y dinámico

Espectro de diseño sísmico (N.T.E -030) parámetros sismo resistentes dirección X-X.

Cuadro 7. Parámetros sísmicos dirección X-X.

| Cálculo de la aceleración espectral | L | Parámetros |
|--------------------------------------|------|-------------|
| factor de zona | Z = | 0,4 |
| factor de uso de importancia | U = | 1,0 |
| factor de suelo | S = | 1,2 |
| periodo de vibración del suelo (seg) | Tp = | 0,6 |
| coeficiente sísmico | C = | 2,5 |
| factor de reducción | R = | 8 |
| aceleración de la gravedad | g = | 9,81 |

- Periodo fundamental de la estructura

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{5.60}{35} = 0.16$$

h_n = altura total de la edificación

C_T = periodo fundamental, elemento p3rtico

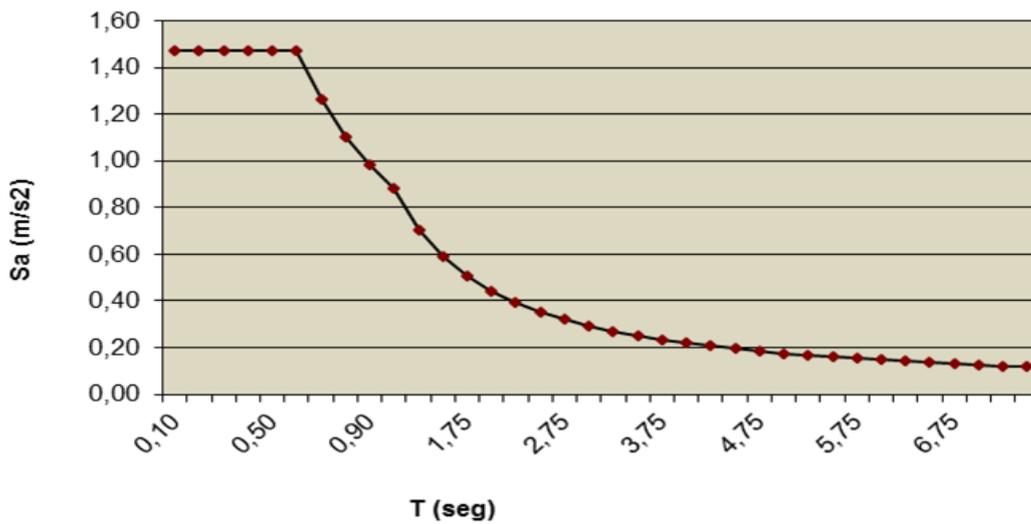
- Coeficiente de ampliaci3n s3smica

$$C = 2.5x \left(\frac{T_p}{T} \right)^{1.25}$$

- Aceleraci3n espectral

$$S_a = \frac{ZUCS}{R_x} g$$

ESPECTRO DE ACELERACIONES



Gr3fico 2. Espectro de aceleraciones en la direcci3n X-X.

Espectro de diseño s3smico (N.T.E -030) par3metros sismo resistentes direcci3n Y-Y.

Cuadro 8. Par3metros s3smicos direcci3n Y-Y.

| C3lculo de la aceleraci3n espectral | L Par3metros | |
|--------------------------------------|--------------|-----|
| factor de zona | Z = | 0,4 |
| factor de uso de importancia | U = | 1,0 |
| factor de suelo | S = | 1,2 |
| periodo de vibraci3n del suelo (seg) | Tp = | 0,6 |
| coeficiente s3smico | C = | 2,5 |
| factor de reducci3n | R = | 7 |

ESPECTRO DE ACELERACIONES

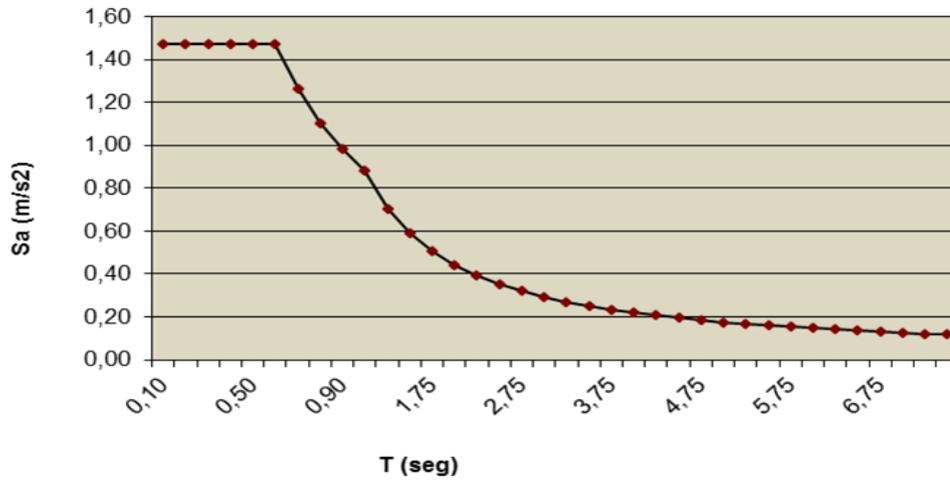


Gráfico 3. Espectro de aceleraciones en la dirección Y-Y.

7.9.1.4. ANÁLISIS ESTÁTICO

7.9.1. 1.4.1. Peso total

- Peso 1er Nivel = 65.97 tn
- Peso 2do Nivel = 63.37 tn
- PESO TOTAL = 129.34 tn

1.4.2. Cálculo de fuerzas

sísmicas - Cálculo de fuerza

cortante basal:

Se determina por la siguiente expresión

$$V = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot C \cdot P/R$$

- Cálculo de coeficiente C/R:

$$T = \frac{H_T}{C_T}$$

$H_T = 5.75 \text{ m}$

$C_T = 35$

$$T = 0,16 \text{ seg}$$

$$C = 2.5$$

$$R = 8$$

$$C/R = 0.3125 \quad C/R > 0.1 \text{ OK}$$

Cálculo de cortante basal en el sentido X-X:

$$V = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot C \cdot P/R$$

Donde:

$$Z = 0.40$$

$$U = 1.00$$

$$S = 1.20$$

$$V_x = 22.17 \text{ Tn}$$

- Distribución de fuerzas sísmicas Si $T > 0.70$;

$$F_a = 0.07 \times T \times V \leq 0.15 \times V$$

Como $T < 0.70$ la distribución de las fuerzas es: Distribución de la fuerza cortante V

$$F_i = P_i \times h_i / \sum (P_i \times h_i) \times (V - F_a)$$

Cuadro 9. Distribución de fuerzas sísmicas.

| Piso | Pi | hi | Pi x hi | Fi |
|-----------|-------|------|---------|----------|
| 1er Nivel | 65.97 | 2.95 | 194.61 | 7.72 Tn |
| 2do Nivel | 63.37 | 5.75 | 364.38 | 14.45 Tn |
| | | | 539,43 | 22,17 Tn |

- Cálculo de cortante basal en el sentido Y-Y

$$V_y = 22.17 \text{ Tn}$$

- Cálculo de rigideces

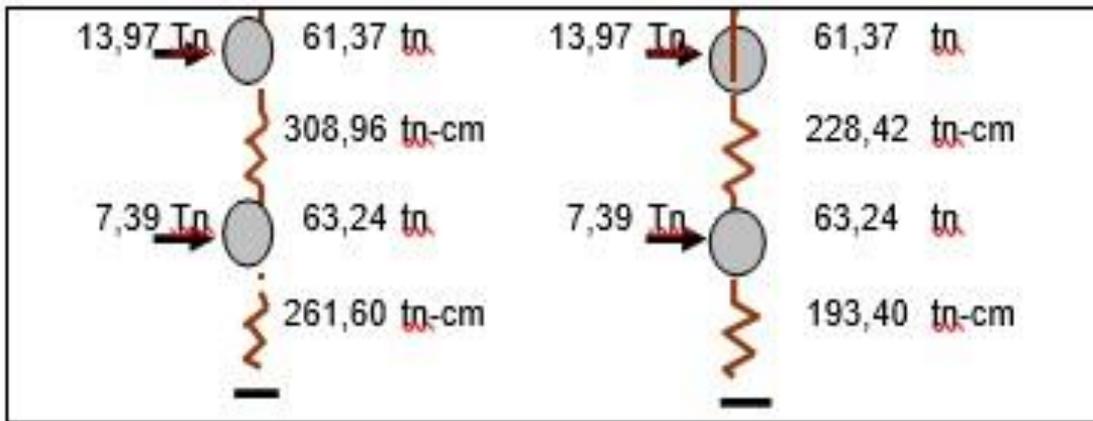


Gráfico 4. Rigideces.

- Desplazamiento de la estructura

Cuadro 10. Dirección X-X.

| # Piso | Fi (Tn) | Ki (Tn/cm) | Fi/Ki | Xi (cm) | $\frac{D_i}{\Delta/H_i}$ | D < 0.007 |
|--------|---------|------------|-------|---------|--------------------------|-----------|
| 2 | 14.45 | 333.75 | 0.043 | 0.07 | 0.0003 | OK |
| 1 | 7.72 | 282.59 | 0.027 | 0.03 | 0.0001 | OK |

$$\Delta_{XX} = 0.42 \text{ cm.}$$

Cuadro 11. Dirección Y-Y.

| # Piso | Fi (Tn) | Ki (Tn/cm) | Fi/Ki | Xi (cm) | $\frac{D_i}{\Delta/H_i}$ | D < 0.007 |
|--------|---------|------------|-------|---------|--------------------------|-----------|
| 2 | 14.45 | 85.43 | 0.169 | 0.28 | 0.001 | OK |
| 1 | 7.72 | 72.33 | 0.107 | 0.11 | 0.0004 | OK |

$$\Delta_{YY} = 1.45 \text{ cm.}$$

7.10.1.5. ANÁLISIS DINÁMICO

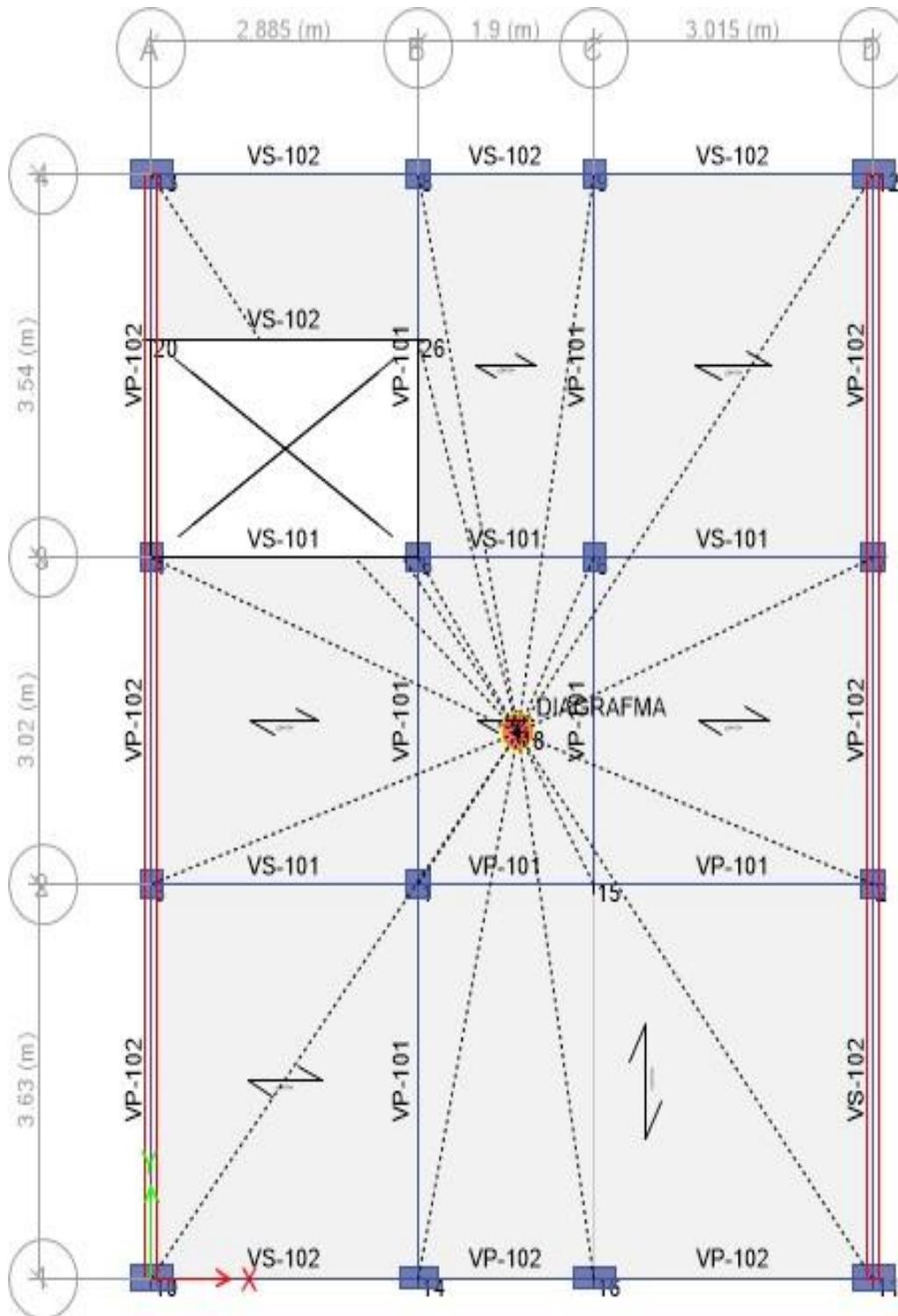


Gráfico 5. Centro de masa, vista de planta.

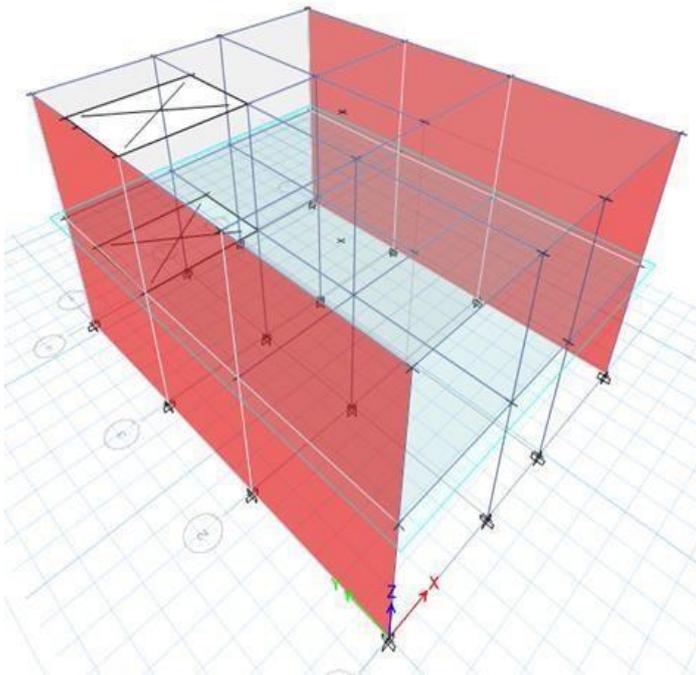


Gráfico 6. Esquema para modelamiento.

7.10.1. 1.5.1. Desplazamiento del centro de masa

Cuadro 12. Desplazamiento dirección X-X.

| Δ Absoluto (cm) | $\Delta_{max} =$ 75% R $X_{max}(cm)$ | Δ Relativos (cm) | H_i (cm) Altura de | D_i (Distorsión) | $D \leq$ 0,007 | PISOS |
|------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|----------|
| 0.506693 | 3.040157 | 601130 | 1. | | | |
| | | | 280 | 0.0057 | OK | 2do Piso |
| 0.239838 | 1.439027 | 1.439027 | 295 | 0.0049 | OK | 1er Piso |

Cuadro 13. Desplazamiento dirección Y-Y.

| Δ Absoluto (cm) | $\Delta_{max} =$ 75% R $X_{max}(cm)$ | Δ Relativos (cm) | H_i (cm) Altura de | D_i (Distorsión) | $D \leq$ 0,007 | PISOS |
|------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|----------|
| 0.021544 | 0.113105 | 0.042541 | 280 | 0.0002 | OK | 2do Piso |
| 0.013441 | 0.070564 | 0.070564 | 295 | 0.0002 | OK | 1er Piso |

1.5.2. Desplazamiento del entrepiso

Cuadro 14. Desplazamiento dirección X-X.

| Δ Absoluto (mm) | $\Delta_{max} =$ 75% R Xmax(mm) | $D \leq 0,007$ | Pisos |
|------------------------|---------------------------------------|----------------|----------|
| 0.000997 | 0.005982 | OK | 2do Piso |
| 0.000830 | 0.004980 | OK | 1er Piso |

Cuadro 15. Desplazamiento dirección Y-Y.

| Δ Absoluto (mm) | $\Delta_{max} =$ 75% R Xmax(mm) | $D \leq 0,007$ | Pisos |
|------------------------|---------------------------------------|----------------|----------|
| 0.000036 | 0.000216 | OK | 2do Piso |
| 0.000055 | 0.000330 | OK | 1er Piso |

1.5.3. Desplazamiento del extremo más crítico.

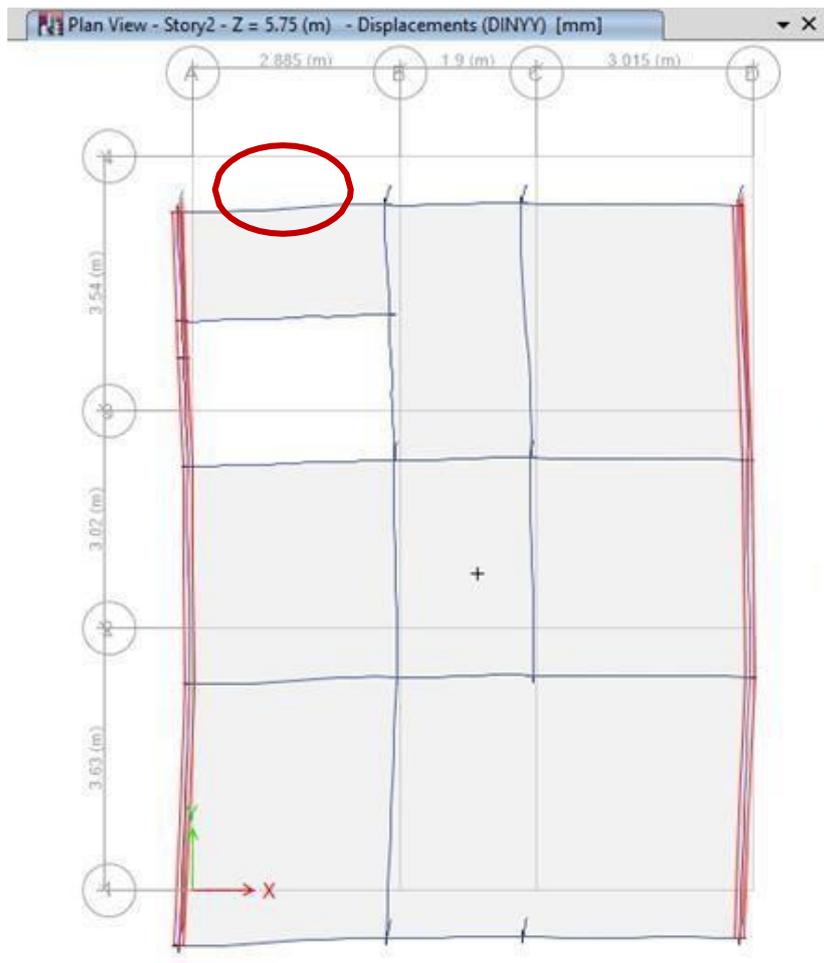


Gráfico 7. Desplazamiento

Cuadro 16. Desplazamiento dirección X-X.

| Δ Absoluto (cm) | $\Delta_{max} =$ | Δ | Hi (cm) | D_i^{de} | $D \leq 0,007$ | Pisos |
|---------------------------|------------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|----------|
| | 75% R | Relativos (cm) | Altura Piso | (Distorsión) | | |
| Xmax(cm) | | | | | | |
| 0.514799 | 2.702697 | 1.417156 | 280 | 0.0051 | OK | 2do Piso |
| 0.244865 | 1.285541 | 1.285541 | 295 | 0.0044 | OK | 1er Piso |

Cuadro 17. Desplazamiento dirección Y-Y.

| Δ Absoluto (cm) | $\Delta_{max} =$ | Δ | Hi (cm) | D_i^{de} | $D \leq 0,007$ | Pisos |
|---------------------------|------------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|----------|
| | 75% R | Relativos (cm) | Altura Piso | (Distorsión) | | |
| Xmax(cm) | | | | | | |
| 0.025862 | 0.135774 | 0.051160 | 280 | 0.0002 | OK | 2do Piso |
| 0.016117 | 0.084614 | 0.084614 | 295 | 0.0003 | OK | 1er Piso |

- Cortante en la base

Del análisis dinámico

$$V_{xx} = 16.04 \text{ n}$$

$$V_{yy} = 16.78 \text{ n}$$

Del análisis estático

$$V_{xx} = 22.17 \text{ n}$$

$$V_{yy} = 22.17 \text{ n}$$

Según la norma E-030 80 $V_{Est} <$

$$V_{xx} 80 = 17.74 \text{ (Recalcular)}$$

$$V_{yy} 80 = 17.74 \text{ (Recalcular)}$$

- Factor

| Cuadro 18. Amplificación de cortante | n de cortan base | |
|--------------------------------------|---------------------|------|
| | x | z |
| $V_{xx} =$ | 1.38 | 0.90 |

7.11.1.6. DISEÑO ESTRUCTURAL

El cálculo del diseño de los elementos estructurales de concreto armado, ha sido realizada para los elementos más esforzados y más representativos (columnas, vigas, placas, losas, etc.), habiéndose realizado por el método de resistencia última, en concordancia con la Norma Técnica E.060, las Normas ACI-318, la Norma Técnica E.070 para la verificación del diseño de la albañilería y de sus elementos de confinamiento.

1.6.1. Elementos estructurales

7.12. Columnas

La determinación del refuerzo y diagramas de interacción de las columnas se calculó con el programa ETABS, y se verificó de acuerdo a las disposiciones de los capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos

Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión), 12 (Flexo compresión), y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E- 060.

Los elementos verticales resistentes, en todos los casos se comprobó que el refuerzo requerido tiene una cuantía mínima de 1%, y una cuantía máxima de 6% de acuerdo a la norma E-060 (sección 12.4.2).

Los resultados del diseño detallados en los planos estructurales.

7.13. Vigas

La determinación del refuerzo de las vigas se calculó mediante el programa ETABS 2013, y se verificó los resultados de acuerdo a las disposiciones de los

capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión) y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E-060.

Se supuso una cuantía mínima igual a $14/f_y$ (es decir 0,33%), según el código ACI. Esta hipótesis está construida dentro del programa de verificación empleado. Nótese que según la norma E-060 la cuantía mínima es algo menor (0,24%). Por otro lado, la cuantía máxima se tomó como 50% de la balanceada.

En el código ACI sólo se permite utilizar hasta 75% de la cuantía balanceada (que es el límite considerado en la norma E-060) cuando se trata de elementos que no forman parte del sistema estructural sismo resistente.

En lo que respecta al diseño por flexión se ha trabajado utilizando el Método a la Rotura del Concreto, buscando la falla por fluencia del acero, para lo cual:

7.13.1. 1.6.2. Fórmulas de diseño de elementos estructurales

$$A_s = \frac{M_u}{\phi x f_y x \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

$$a = \frac{A_s x f_y}{0.85 x f'_c x b}$$

$$\rho_{MIN} = \frac{0.70 x \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{MAX} = 0.50 x \rho_b$$

El diseño por corte ha sido considerado con:

$$V_c = 0.53x\sqrt{f'c}bxd$$

$$\phi V_c < V_{ud}$$

$$S = \frac{A_v x f_y x d}{V_s}$$

$$V_n = V_s + V_c$$

7.13.2. 1.6.3. Cuanías de acero en columnas y vigas

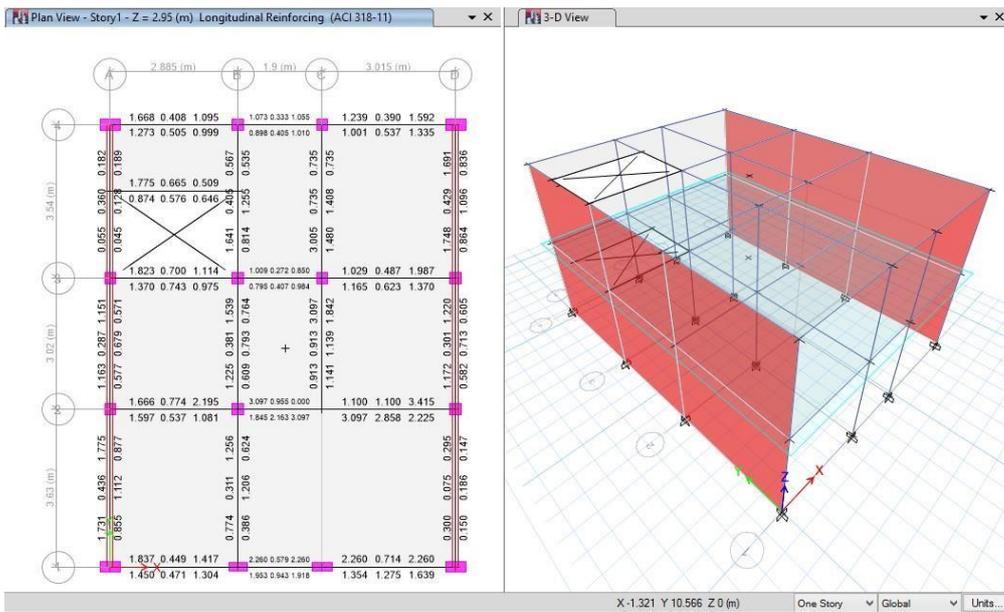


Gráfico 8. Cuanía primer nivel.

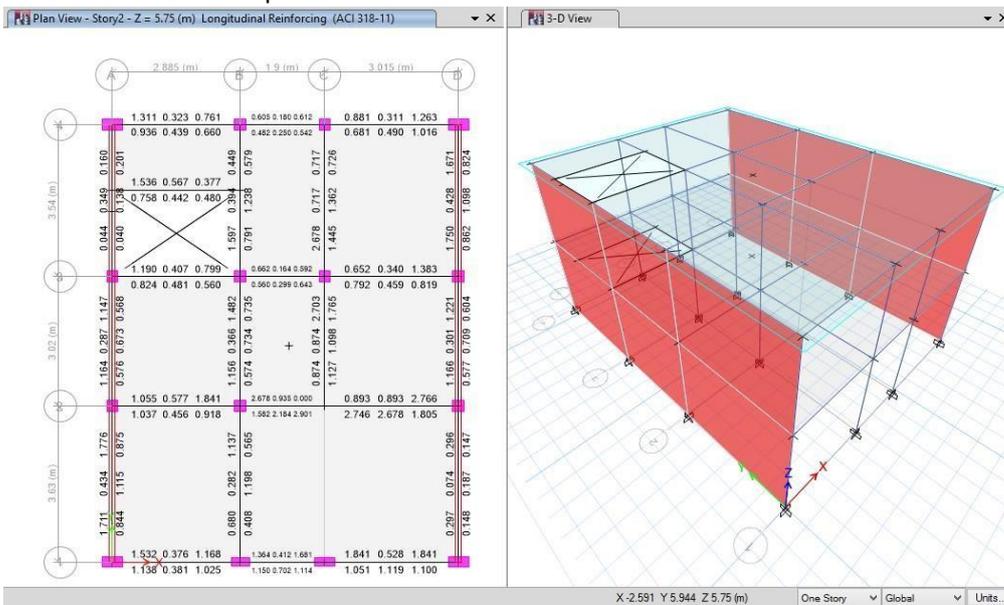


Gráfico 9. Cuanía segundo nivel

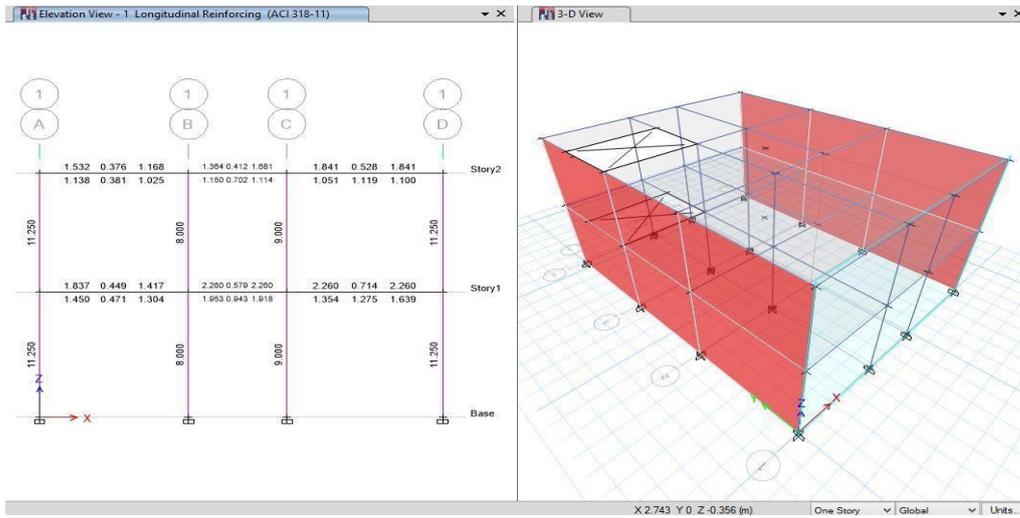


Gráfico 10. Cuantía EJE 1-1.

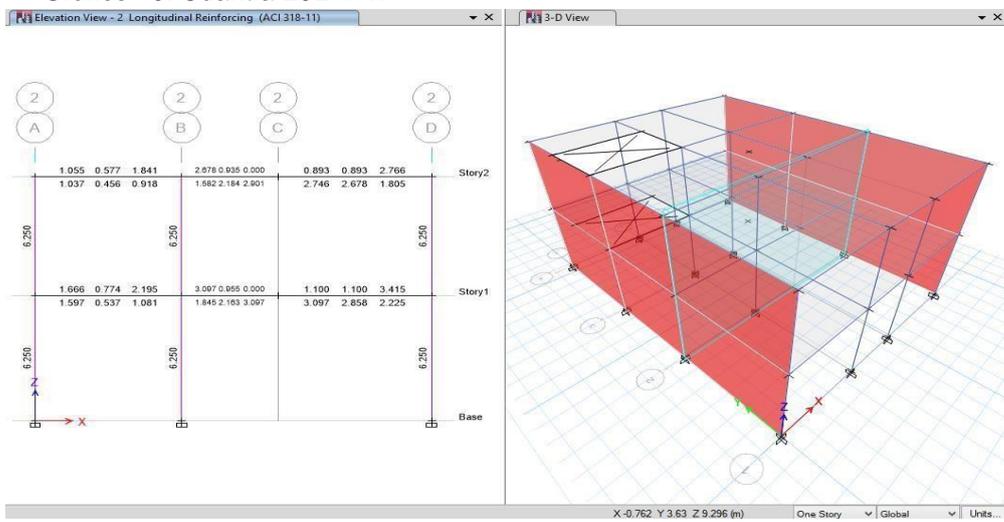


Gráfico 11. Cuantía EJE 2-2.

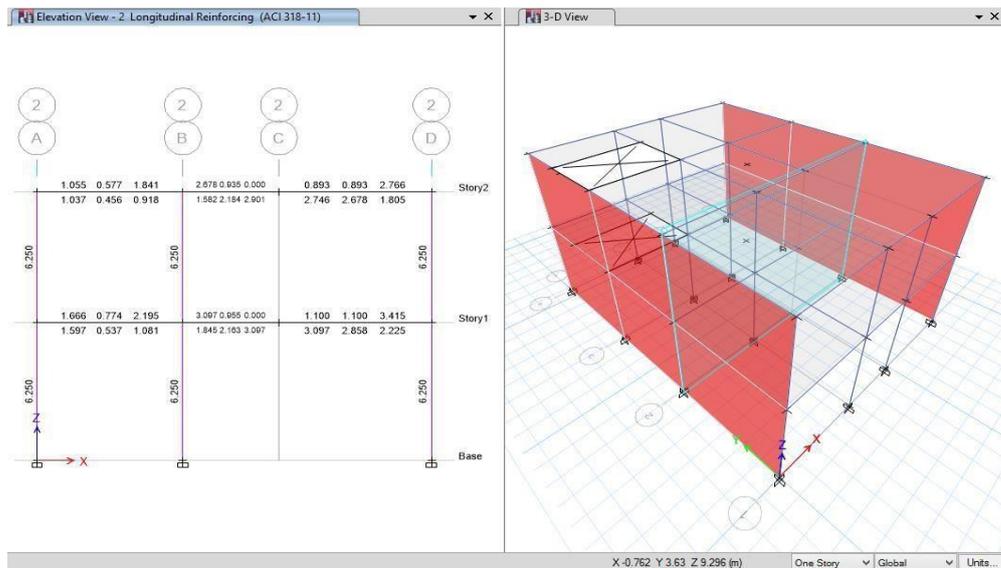


Gráfico 12. Cuantía EJE 3-3.

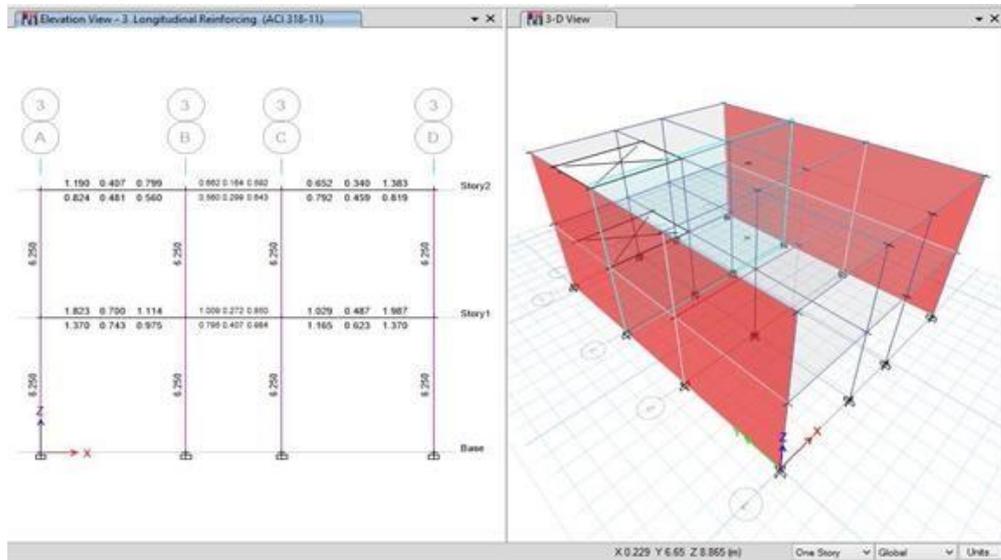


Gráfico 13. Cuantía EJE 4-4.

2. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

8. CON CONCRETO RECICLADO

2.1. MEMORIA DE CÁLCULO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON

9. CONCRETO RECICLADO

9.1. Generalidades

El presente análisis y diseño se realiza para modelar una vivienda unifamiliar con concreto convencional, el cual comprende realizar el

análisis y diseño de infraestructura de la vivienda modelando tridimensionalmente mediante el uso de software ETAB V.2013. y haciendo uso de las propiedades halladas del concreto estudiado en los anteriores capítulos.

9.2. Reglamentos y normas de diseños

Las normas utilizadas para el análisis y diseño son las siguientes:

- NORMA E - 020 – CARGAS.
- NORMA E - 050 - SUELOS Y CIMENTACIÓN.
- NORMA E - 060 - CONCRETO ARMADO.
- NORMA E - 030 - DISEÑO SISMO RESISTENTE.
- NORMA E - 070 - ALBAÑILERÍA.

Estructuración

La vivienda está conformada por 02 niveles, el sistema estructural analizado es a base de pórticos y albañilería lo que corresponde a un sistema dual, en la dirección “x” aporticado, en la dirección “y” Dual (Pórticos y Muros de Albañilería).

Se ha empleado columnas cuadradas y placas en la dirección “x”, con losas aligeradas, para la cimentación se tienen zapatas aisladas y una zapata combinada, corrimientos corridos de concreto ciclópeo, finalmente en forma conjunta soportarán las cargas laterales del sismo. Todas estas cargas serán transmitidas al suelo de cimentación.

Combinaciones de esfuerzos para la estructura

Para el análisis estructural de la vivienda unifamiliar con concreto convencional se hará un modelamiento tridimensional y se someterá a las siguientes combinaciones de cargas:

$$C1=1.4 CM+1.7 CV$$

$$C2= 1,24 (CM+CV+-CS)$$

$$C3= 0,90 CM +- 1,24 CS$$

Donde:

CM: Carga Muerta CV: Carga Viva

CS: Carga por sismo

Con estos juegos de cargas se ha realizado las combinaciones para cada uno de los elementos para determinar sus esfuerzos y verificar la resistencia de las mismas.

9.3. Análisis sísmico estático-dinámico

El análisis sísmico estático y dinámico en este trabajo está basado en el análisis de modal espectral considerado en la norma E-030-2 006, considerando todos los entresijos como una masa concentrada en el centro de masa y las columnas como elementos de rigidez.

Cargas actuantes

9.4. - Cargas Permanentes

- Peso Propio de Elementos de Concreto Armado: $2\ 280\ \text{kg/m}^3$
- Peso de Acabados y Tabiquería: $200\ \text{kg/m}^2$

- Cargas Vivas

- Sobrecarga: $200\ \text{kg/m}^2$

9.5. Especificaciones para el diseño

- Materiales:

- Resistencia a la Compresión del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Límite de Fluencia del Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del Concreto $E_c = 11\ 800 \text{ sqrt}(f'c) \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del Acero $E_s = 2 \cdot E + 6.00 \text{ kg/cm}^2$
- Radio de poisson $\nu = 0,30$

- Concreto:

- Cimientos Corridos: C:H 1:10 +30% P.G. 6" MAX
- Sobre cimientos: C:H 1:8 +25% P.M. 3" MAX
- Solado Zapatas: C:H 1:12
- Columnas: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Vigas: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Losa aligerada: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Zapatas: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Albañilería: $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$

- Recubrimientos:

- Zapatas: 7,5 cm
 - Columnas y vigas: 4,0 cm
 - Vigas chatas y losas: 2,5 cm
 - Columnas de Amarre: 2,5 cm

- Suelo:

- Capacidad Portante: $\sigma_t = 2,00 \text{ kg/cm}^2$
- Profundidad de desplante: 1,5 m.

- Tipo de Suelo: Grava Mal Graduada con limos (GP GM) -

Sismicidad:

Espectro de respuestas de aceleración de acuerdo a la N.T.E.-030.

- **Parámetros sísmicos:**

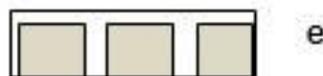
- Factor de Uso de la Zona: Huancayo Z=0,4
- Factor de Uso: Categoría C U=1,00
- Factor de Suelo: Tipo II S=1,20
- Periodo de vibración del suelo $T_p=0,60$ s
- Coeficiente Sísmico C=2,5
- Factor de Reducción "x" $R_d=8$
- Factor de Reducción "y" $R_d=7$
- Aceleración de la Gravedad $g=9,81$ kg/cm²

9.6. - Desplazamientos de entrepiso

- Desplazamiento en Eje x-x <0.007.
- Desplazamiento en Eje y-y <0.005.

9.6.1. 2.1.1. Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales Losa aligerada

$$e = \frac{L}{25}$$



$L = 4$ m $e = 0.16$ m; por razones constructivas

$e = 0,17$ m.

9.7. Vigas

$$h = \frac{Ln}{n}; b = \frac{B}{20}$$

Ln: Luz libre de viga

B: Ancho tributario en el sentido b b: Ancho de viga (Anch min 0,25)

(b=0,3 @ 0,5 de h) h: Peralte de Viga

Cuadro 19. Dimensión de vigas

| Vigas | Ancho (m) | Peralte (m) | Área (m ²) |
|--------|-----------|-------------|------------------------|
| VP-101 | 0.25 | 0.4 | 0.100 |
| VP-102 | 0.25 | 0.3 | 0.075 |
| VP-201 | 0.25 | 0.35 | 0.088 |
| VP-202 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| VS-101 | 0.25 | 0.3 | 0.075 |
| VS-102 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| VS-201 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| VS-202 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |

9.8. Columnas

$$D = \frac{P}{n \cdot f' \cdot c}$$

D: Dimensión de la sección en la dirección sísmica d: La otra dimensión de la columna

P: Carga total que soporta la columna

n: Valor que depende del tipo de columna

Cuadro 20. Dimensionamiento de columnas

| Columnas | Ancho (m) | Peralte (m) | Área (m ²) |
|----------|-----------|-------------|------------------------|
| C-1 | 0.25 | 0.40 | 0.100 |
| C-2 | 0.25 | 0.30 | 0.075 |
| C-3 | 0.25 | 0.35 | 0.088 |
| P-1 | 0.25 | 0.25 | 0.063 |
| P-2 | 0.25 | 0.30 | 0.075 |

2.1.2. Metrado de cargas

9.9. Primer nivel

Cuadro 21. Metrado de cargas primer nivel.

| Carga Muerta | | | | | |
|---|--------------|------------------|-----------|----------------|--------------------|
| Elemento | Área | Long | p.e. | Cant | Peso Kg |
| -101) | (0,09) m2 | | (30,04) | (2280) (1) | = 7 210 Kg |
| -101) | (0,08) m2 | | (21,65) | (2280) (1) | = 3 897 Kg |
| -102) | (0,06) m2 | | (4,23) | (2280) (1) | = 635 Kg |
| | (0,05) m2 | | (1,60) | (2280) (1) | = 192 Kg |
| | (0,06) m2 | | (2,95) | (2280) (2) | = 885 Kg |
| | (0,09) m2 | | (2,95) | (2280) (7) | = 3 098 Kg |
| Σ Total CM | | | | | |
| | (0,06) m2 | | (2,95) | (2280) (5) | = 3 186 Kg |
| | (75,06) m2 | | | (280) (1) | = 21 017 Kg |
| | (75,06) m2 | | | (100) (1) | = 7 506 Kg |
| | (75,06) m2 | | | (100) (1) | = 7 506 Kg |
| | | | | | Kg |
| Carga Viva | | | | | |
| Elemento | Área | p.u. Kg/m2 | | | Peso Kg |
| Sobre/Carga | (89,44) m2 | (200) (0,50) | | | = 8 944 Kg |
| Σ Total CV | | | | | 8 944 Kg |
| Wtotal 1º N CM + CV <u>W t 1</u> | | | | | = 63 238 kg |

Cuadro 22. Metrado de cargas segundo nivel.

| Carga Muerta | | | | | |
|---------------|-------------|------|-----------|----------------|------------|
| Elemento | Área | Long | p.e. | Cant | Peso Kg |
| Viga (VP-101) | (0,09) m2 | | (30,04) | (2280) (1) | = 7 210 Kg |
| Viga (VS-101) | (0,08) m2 | | (21,65) | (2280) (1) | = 3 897 Kg |
| Viga (VS-102) | (0,06) m2 | | (4,23) | (2280) (1) | = 635 Kg |
| Viga (VCH) | (0,05) m2 | | (1,60) | (2280) (1) | = 192 Kg |
| Columna (C-1) | (0,06) m2 | | (2,95) | (2280) (2) | = 885 Kg |
| Columna (C-2) | (0,09) m2 | | (2,95) | (2280) (7) | = 3 098 Kg |

| | | | | | |
|----------------|--------------|--------------------------------------|---|--------|----|
| Columna (c-3) | (0,06) m2 | (2,95) (2280) (5) | = | 3 186 | Kg |
| Losa Aligerada | (75,06) m2 | (280) (1) | = | 21 017 | Kg |
| Tabiquería | (75,06) m2 | (100) (1) | = | 7 506 | Kg |

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------------------|---|---------------|-----------|
| Σ Total CM | | | | 54 294 | |
| | | | | | Kg |
| Carga Viva | | | | | |
| Elemento | Área | p.u. Kg/m2 | | | |
| Sobre/Carga | (89,44) m2 | (200) (0,50) | | | Kg |
| Σ Total CV | | | | 8 944 | Kg |
| | | | = | | |
| Wtotal 1º N CM + CV W t 1 | | | = | 61 369 | kg |
| Acabados | (75,06) m2 | (100) (1) | ≡ | 7 506 | Kg |

=

Peso Kg =
8 944

9.9.1. 2.1.3. Análisis estático y dinámico

Espectro de diseño sísmico (N.T.E -030) parámetros sismo resistentes dirección X-X.

Cuadro 23. Parámetros sísmicos dirección X-X.

| Cálculo de la aceleración espectral | L Parámetros |
|--------------------------------------|-----------------|
| factor de zona | Z = 0,4 |
| factor de uso de importancia | U = 1,0 |
| factor de suelo | S = 1,2 |
| periodo de vibración del suelo (seg) | Tp = 0,6 |
| coeficiente sísmico | C = 2,5 |
| factor de reducción | R = 8 |
| aceleración de la gravedad | g = 9,81 |

- Periodo fundamental de la estructura

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{5.60}{35} = 0.16$$

h_n = altura total de la edificación

C_T = periodo fundamental, elemento
 pórtico - Coeficiente de ampliación
 sísmica

$$C = 2.5x \left(\frac{T_p}{T} \right)^{1.25}$$

- Aceleración espectral

$$S_a = \frac{ZUCS}{R_x} g$$

ESPECTRO DE ACELERACIONES

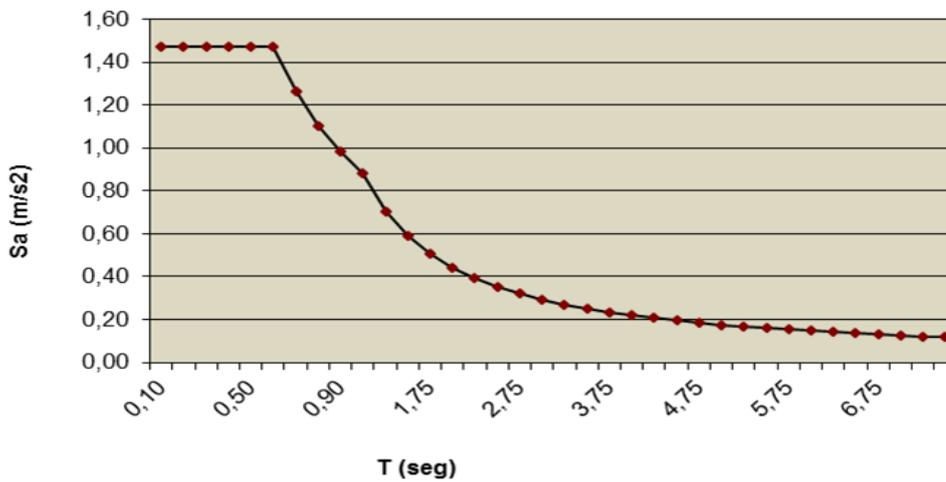


Gráfico 14. Espectro de aceleraciones en la dirección X-X.

Espectro de diseño sísmico (N.T.E -030) parámetros sismo resistentes
 dirección Y-Y.

Cuadro 24. Parámetros sísmicos dirección Y-Y.

| Cálculo de la aceleración espectral | L Parámetros | |
|--------------------------------------|--------------|-------------|
| factor de zona | Z = | 0,4 |
| factor de uso de importancia | U = | 1,0 |
| factor de suelo | S = | 1,2 |
| periodo de vibración del suelo (seg) | Tp = | 0,6 |
| coeficiente sísmico | C = | 2,5 |
| factor de reducción | R = | 7 |
| aceleración de la gravedad | g = | 9,81 |

ESPECTRO DE ACELERACIONES

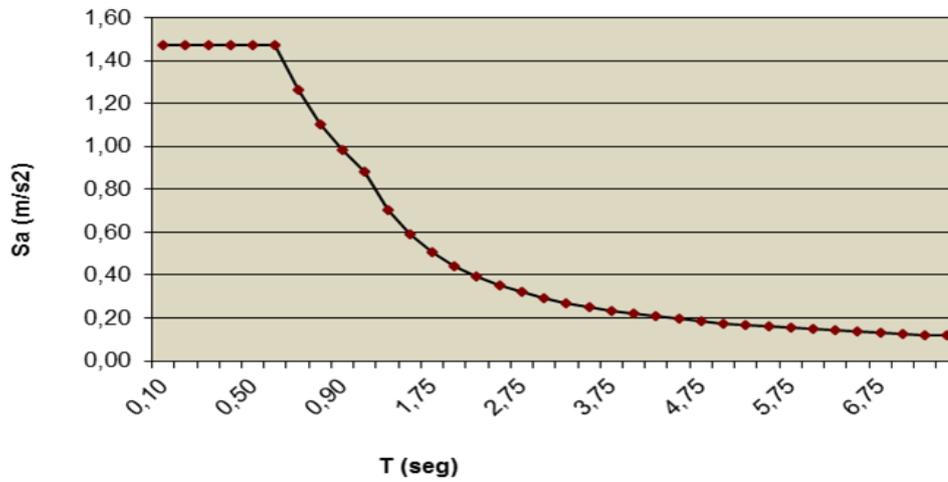


Gráfico 15. Espectro de aceleraciones en la dirección Y-Y.

9.10.2.2. ANÁLISIS ESTÁTICO

9.10.1. 2.2.1. Peso total

Peso 1er Nivel = 65.97 tn

Peso 2do Nivel = 63.37 tn

PESO TOTAL = 129.34 tn

2.2.2. Cálculo de fuerzas

sísmicas - Cálculo de fuerza

cortante basal:

Se determina por la siguiente expresión

$$V = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot C \cdot P/R$$

- Cálculo de coeficiente C/R:

$$T = \frac{H_T}{C_T}$$

$$H_T = 5.75 \text{ m}$$

$$C_T = 35$$

$$T = 0,16 \text{ seg}$$

$$C = 2.5$$

$$R = 8$$

$$C/R = 0.3125$$

$$C/R > 0.1 \text{ OK}$$

- Cálculo de cortante basal en el sentido X-X:

$$V = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot C \cdot P/R$$

Donde:

$$Z = 0.40$$

$$U = 1.00$$

$$S = 1.20$$

$$V_x = 21.36 \text{ Tn}$$

- Distribución de fuerzas sísmicas

Si $T > 0.70$;

$$F_a = 0.07 \times T \times V \leq 0.15 \times V$$

Como $T < 0.70$ la distribución de las fuerzas es: Distribución de la fuerza cortante V

$$F_i = P_i \times h_i / \sum (P_i \times h_i) \times (V - F_a)$$

Cuadro 25. Distribución de fuerzas sísmicas.

| Piso | Pi | hi | Pi x hi | Fi |
|-----------|-------|------|---------|----------|
| 1er Nivel | 63.24 | 2.95 | 186.55 | 7.9 Tn |
| 2do Nivel | 61.37 | 5.75 | 352.87 | 13.97 Tn |
| | | | 539.43 | 21.36 Tn |

- Cálculo de cortante basal en el sentido Y-Y

$$V_y = 21.36 \text{ Tn}$$

- Cálculo de rigideces

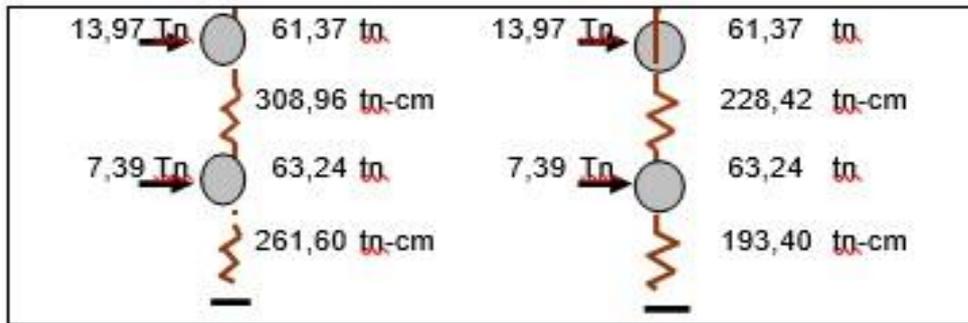


Gráfico 16. Rigideces.

- Desplazamiento de la estructura

Cuadro 26. Dirección X-X.

| # Piso | Fi (Tn) | Ki (Tn/cm) | Fi/Ki | Xi (cm) | $\frac{D_i}{\Delta/H_i}$ | D < 0.007 |
|--------|---------|------------|-------|---------|--------------------------|-----------|
| 2 | 13.97 | 308.96 | 0.045 | 0.07 | 0.0003 | OK |
| 1 | 7.39 | 261.60 | 0.028 | 0.03 | 0.0001 | OK |

$\Delta_{XX} = 0.44$ cm.

Cuadro 27. Dirección Y-Y.

| # Piso | Fi (Tn) | Ki (Tn/cm) | Fi/Ki | Xi (cm) | $\frac{D_i}{\Delta/H_i}$ | D < 0.007 |
|--------|---------|------------|-------|---------|--------------------------|-----------|
| 2 | 13.97 | 228.42 | 0.061 | 0.10 | 0.0004 | OK |
| 1 | 7.39 | 193.40 | 0.038 | 0.04 | 0.0001 | OK |

$\Delta_{YY} = 0.52$ cm.

9.11.2.3. ANÁLISIS DINÁMICO

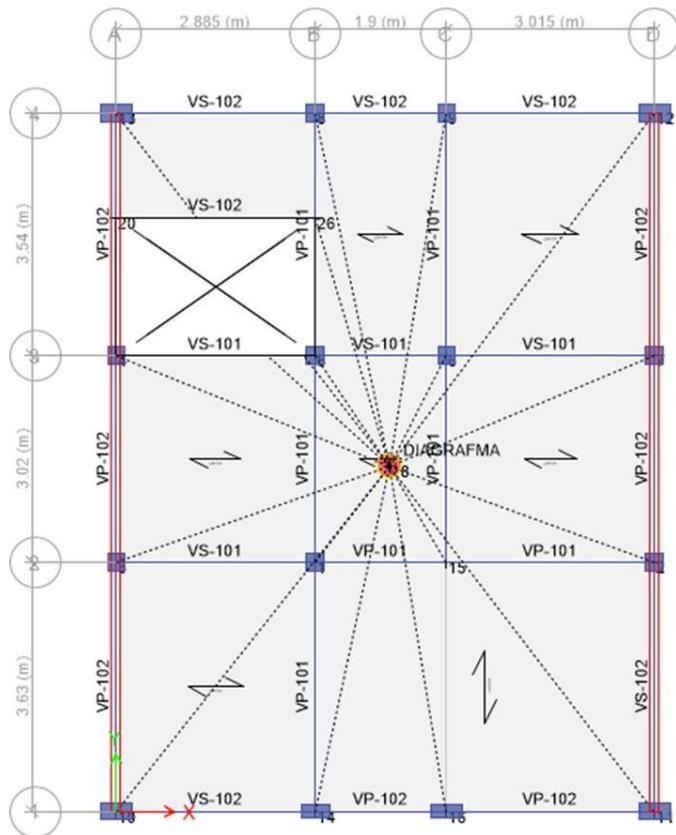


Gráfico 17. Centro de masa, vista de planta.

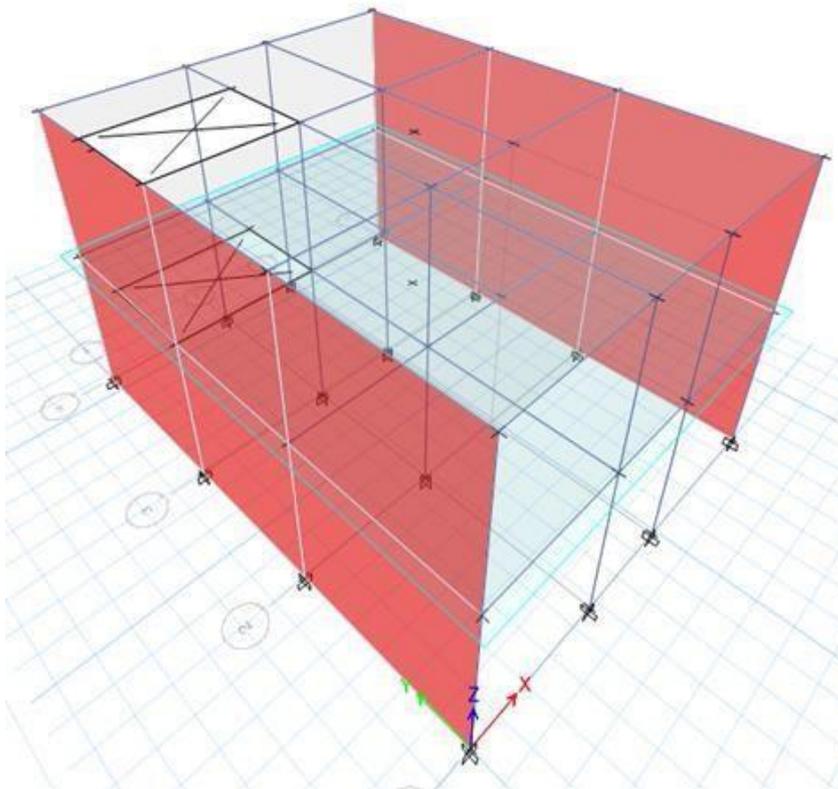


Gráfico 18. Centro de masa.

9.11.1. 2.3.1. Desplazamiento del centro de masa

Cuadro 28. Desplazamiento dirección X-X.

| Δ Absoluto (cm) | $\Delta_{max} =$ 75% R Xmax(cm) | Δ Relativos (cm) | Hi (cm) Altura de Piso | Di (Distorsión) | $D \leq$ 0,007 | Pisos |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|----------|
| 0.531708 | 3.190246 | 1.633900 | 280 | 0.0058 | OK | 2do Piso |
| 0.259391 | 1.556345 | 1.556345 | 295 | 0.0053 | OK | 1er Piso |

Cuadro 29. Desplazamiento dirección Y-Y.

| Δ Absoluto (cm) | $\Delta_{max} =$ 75% R Xmax(cm) | Δ Relativos (cm) | Hi (cm) Altura de Piso | Di (Distorsión) | $D \leq$ 0,007 | Pisos |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|----------|
| 0.021283 | 0.127700 | 0.048167 | 280 | 0.0002 | OK | 2do Piso |
| 0.013256 | 0.079533 | 0.079533 | 295 | 0.0003 | OK | 1er Piso |

2.3.2. Desplazamiento del entrepiso

Cuadro 30. Desplazamiento dirección X-X

| Δ Absoluto (mm) | $\Delta_{max} =$ 75% R Xmax(mm) | $D \leq$ 0,007 | Pisos |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------|----------|
| 0.001015 | 0.0061 | OK | 2do Piso |
| 0.000895 | 0.0054 | OK | 1er Piso |

Cuadro 31. Desplazamiento dirección Y-Y.

| Δ Absoluto (mm) | $\Delta_{max} =$ 75% R Xmax(mm) | $D \leq$ 0,007 | Pisos |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------|----------|
| 0.000036 | 0.000216 | OK | 2do Piso |
| 0.000054 | 0.000324 | OK | 1er Piso |

2.3.3. Desplazamiento del extremo más crítico.

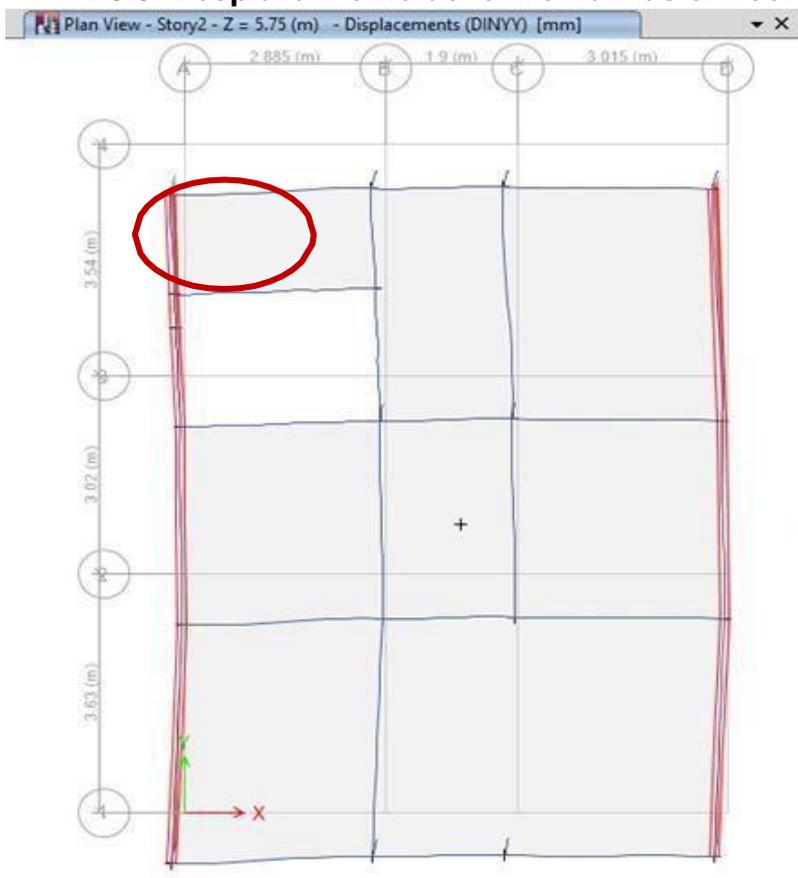


Gráfico 19. Desplazamiento

Cuadro 32. Desplazamiento dirección X-X.

| Δ (cm) | $\Delta_{max} = \Delta$ Absoluto 75% R Xmax(cm) | Δ Relativos (cm) | H_i (cm) Altura Piso | D_i de (Distorsión) | \leq D 0,007 | Pisos |
|---------------|--|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------|
| 0.590000 | 3.097500 | 1.713740 | 280 | 0.0061 | OK | 2do Piso |
| 0.263573 | 1.383760 | 1.383760 | 295 | 0.0047 | OK | 1er Piso |

Cuadro 33. Desplazamiento dirección Y-Y.

| Δ (cm) | $\Delta_{max} =$ Absoluto 75% R Xmax(cm) | Δ Relativos (cm) | Hi (cm) Altura Piso | D_i^{de} (Distorsión) | \leq D 0,007 | Pisos |
|------------------|---|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|-------------|
| 0.599511 | 3.147432 | 1.581556 | 280 | 0.0056 | OK | 2do Piso |
| 0.298262 | 1.565877 | 1.565877 | 295 | 0.0053 | OK | 1er Piso |

- Cortante en la base

Del análisis dinámico

$$V_{xx} = 15.78 \text{ n}$$

$$V_{yy} = 16.42 \text{ n}$$

Del análisis estático

$$V_{xx} = 21.36 \text{ n}$$

$$V_{yy} = 21.36 \text{ n}$$

Según la norma E-030 80% V Est <

$$V_{xx} 80 = 17.09 \text{ (Recalcular)}$$

$$V_{yy} 80 = 17.09 \text{ (Recalcular)}$$

- Factor de amplificación de cortante en la base

Cuadro 34. Amplificación de cortante

| | x | z |
|------------|------|------|
| $V_{xx} =$ | 1.35 | 0.90 |
| $V_{yy} =$ | 1.30 | 0.87 |

9.11.2. 2.3.4. Diseño estructural

El cálculo del diseño de los elementos estructurales de concreto armado, ha sido realizada para los elementos más esforzados y más representativos (columnas, vigas, placas, losas, etc.), habiéndose realizado por el método de resistencia última, en concordancia con la Norma Técnica E.060, las Normas

ACI-318, la Norma Técnica E.070 para la verificación del diseño de la albañilería y de sus elementos de confinamiento.

2.4. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

9.12. Columnas

La determinación del refuerzo y diagramas de interacción de las columnas se calculó con el programa ETABS, y se verificó de acuerdo a las disposiciones de los capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión), 12 (Flexo compresión), y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E- 060.

Los elementos verticales resistentes, en todos los casos se comprobó que el refuerzo requerido tiene una cuantía mínima de 1%, y una cuantía máxima de 6% de acuerdo a la norma E-060 (sección 12.4.2).

Los resultados del diseño detallados en los planos estructurales.

9.13. Vigas

La determinación del refuerzo de las vigas se calculó mediante el programa ETABS 2013, y se verificó los resultados de acuerdo a las disposiciones de los capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión) y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E-060.

Se supuso una cuantía mínima igual a $14/f_y$ (es decir 0,33%), según el código ACI. Esta hipótesis está construida dentro del programa de verificación empleado. Nótese que según la norma E-060 la cuantía mínima es algo menor (0,24%). Por otro lado, la cuantía máxima se tomó como 50% de la balanceada. En el código ACI sólo se permite utilizar hasta 75% de la cuantía

balanceada (que es el límite considerado en la norma E-060) cuando se trata de elementos que no forman parte del sistema estructural sismo resistente.

En lo que respecta al diseño por flexión se ha trabajado utilizando el Método a la Rotura del Concreto, buscando la falla por fluencia del acero, para lo cual:

2.4.1. Fórmulas de diseño de elementos estructurales

$$A_s = \frac{M_u}{\phi_x f_{yx} \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

$$a = \frac{A_s x f_y}{0.85 x f'_c x b}$$

$$\rho_{MIN} = \frac{0.70 x \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{MAX} = 0.50 x \rho_b$$

El diseño por corte ha sido considerado con:

$$V_c = 0.53 x \sqrt{f'_c} x b x d$$

$$\phi V_c < V_{ud}$$

$$S = \frac{A_v x f_y x d}{V_s}$$

$$V_n = V_s + V_c$$

9.13.1. 2.4.2. Cuantías de acero en columnas y vigas

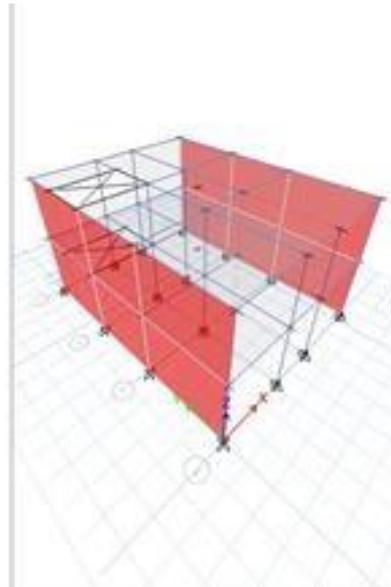
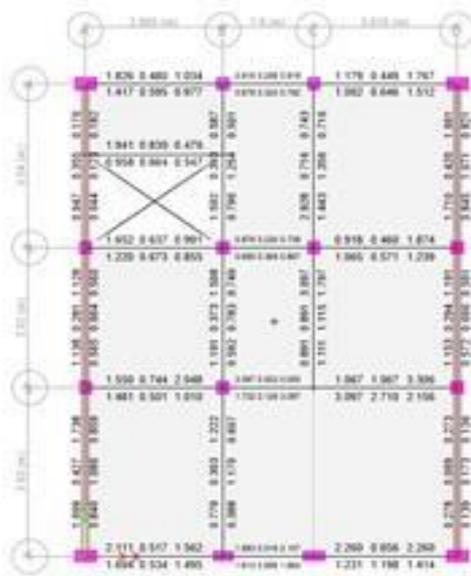


Gráfico 20. Cuantía primer nivel.

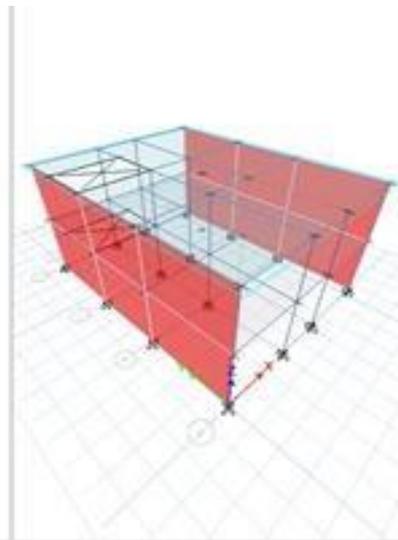
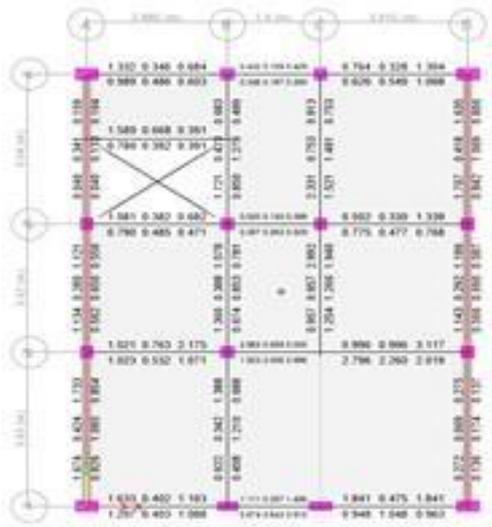


Gráfico 21. Cuantía segundo nivel

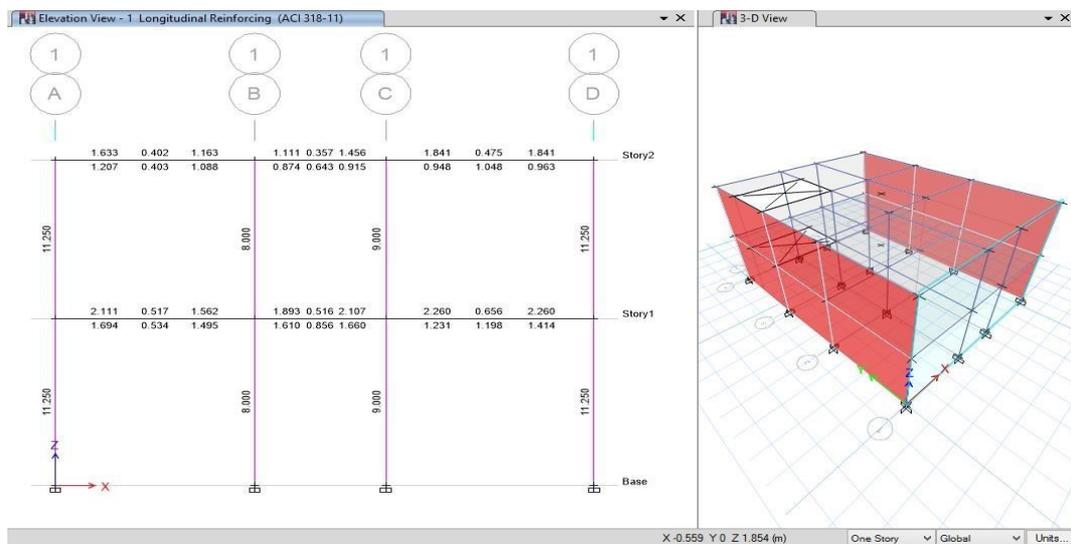


Gráfico 22. Cuantía EJE 1-1.

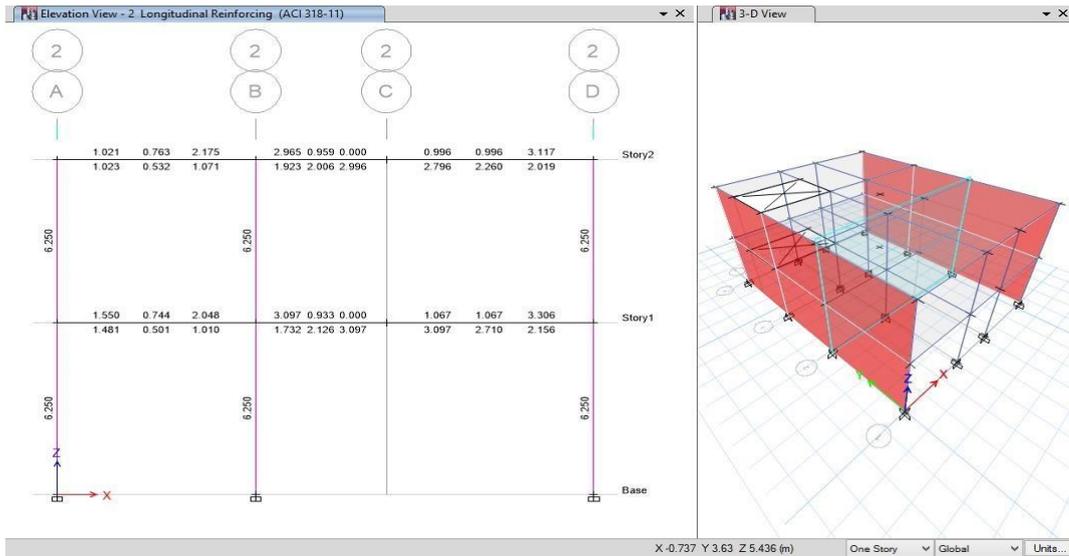


Gráfico 23. Cuantía EJE 2-2.

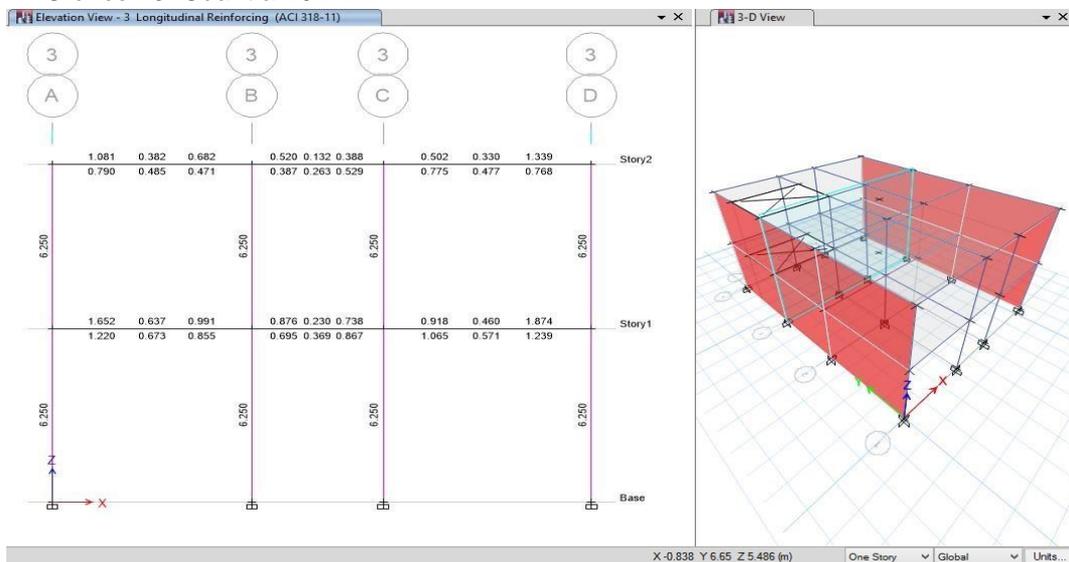


Gráfico 24. Cuantía EJE 3-3.

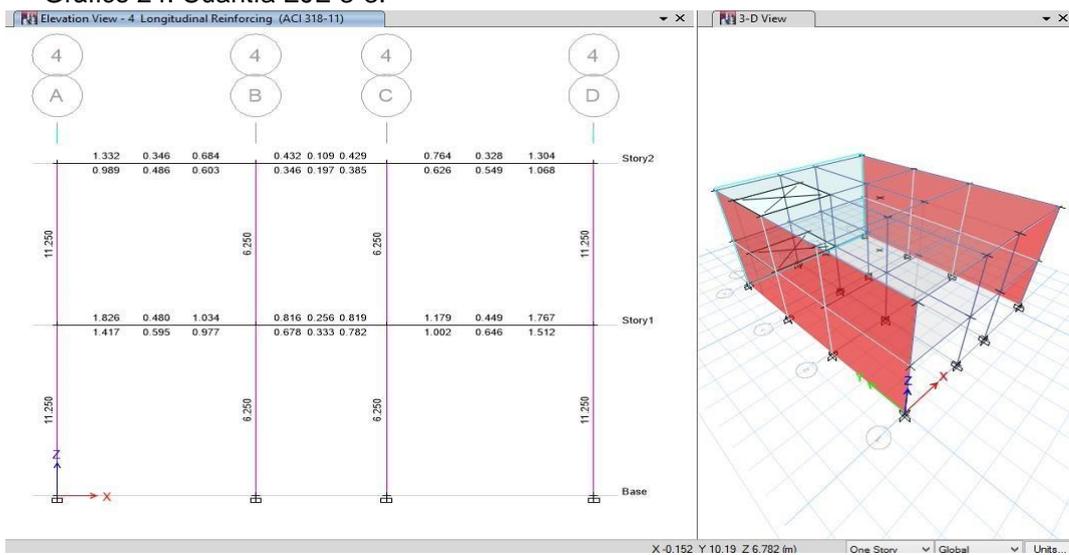


Gráfico 25. Cuantía EJE 4-4.

ANEXO N° 03: PREPARACIÓN DEL CONCRETO RECICLADO

PREPARACIÓN DEL CONCRETO RECICLADO

10.1.1. PASO N° 01: Elección de la resistencia promedio

Para determinar la elección de la resistencia promedio se debe conocer la desviación estándar de un registro de resultados de ensayos anteriores, si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla N°15 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Cuadro 1. Resistencia a la compresión promedio.

| f'c | f'cr |
|--------------|----------|
| Menos de 210 | f'c + 70 |
| 210 a 350 | f'c + 84 |
| sobre 350 | f'c + 98 |

11.1.2. PASO N° 02: Selección del asentamiento

El asentamiento que debe de tener el concreto de agregado reciclado en estado fresco será el mismo que debería de tener un concreto convencional en estado fresco. El asentamiento varía de 0" a 10" según los asentamientos recomendados para varios tipos de construcción y de 0" a más según la consistencia que se desea tener.

Cuadro 2. Asentamiento del concreto.

| Consistencia | Slump | Trabajabilidad |
|--------------|------------|-----------------|
| Seca | 0"-2" | Poco trabajable |
| Plástica | 3" - 4" | Trabajable |
| Fluida | mayor a 5" | Muy trabajable |

| Cuadro 3. Asentamiento para varios tipos de construcción | Máximo | Mínimo |
|--|--------|--------|
| Zapatasy muros de cimentación | 3" | 1" |
| Zapatasy simples, cajones y muros de subestructura | 3" | 1" |
| Vigas y muros reforzados | 4" | 1" |
| Columnas de edificaciones | 4" | 1" |
| Pavimento y losas | 3" | 1" |
| Concreto ciclópeo | 2" | 1" |

Fuente: Riva López, Perú 2000.

12.1.3. PASO N° 03: selección del tamaño máximo nominal

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura; en la medida que el tamaño máximo del agregado grueso nunca será mayor de: 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado, 1/3 del espesor de las losas y 3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables tensores. Para el caso de agregados reciclados, este valor dependerá de la máquina trituradora.

13.1.4. PASO N° 04: Agua de mezcla y contenido de aire

Para los concretos de agregado reciclado la cantidad de agua necesaria para su dosificación es mayor en un 5% a 10% que la usada en un concreto convencional, debido al mortero adherido que lo rodea.

Para determinar el agua de mezcla y el contenido de aire tomaremos como referencia las tablas que nos proporciona el Comité 211 del ACI.

Cuadro 4. Contenido de agua para concreto convencionales.

| Asentamiento | L/m ³ , para los tamaños máximos de agregado consistencia indicados | | | | | | | |
|--|---|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 | 125 |
| 3" a 4" | 225 | 215 | 200 | 195 | 175 | 170 | 160 | 140 |
| 6" a 7" | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 | |
| Cantidad aprox de aire incorporado en % | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3" a 4" | 200 | 190 | 180 | 175 | 160 | 155 | 150 | 1.5 |
| 6" a 7" | 215 | 205 | 190 | 185 | 170 | 165 | 160 | |

Fuente: Comité 211 ACI.

1.5. PASO N° 05: Selección de la relación agua/cemento.

La relación agua-cemento para concretos de agregados reciclados se determinará tomando como referencia las tablas proporcionadas por el Comité 211 del ACI.

Cuadro 5. Relación agua / cemento.

| f'cr (28 días) | Relación agua - cemento de diseño en peso | |
|----------------|---|--------------------------|
| | aire incorporado | Sin con aire incorporado |
| 450 | 0.38 | |
| 400 | 0.43 | |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 150 | 0.8 | 0.71 |

Fuente: Comité 211 ACI

14.1.6. PASO N° 06: Relación del contenido de cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación agua cemento han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación agua cemento.

Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

15.1.7. PASO N° 07: Combinación de agregado fino y grueso

Existen varios métodos para determinar la combinación de agregado fino y grueso.

El método más adecuado para determinar la combinación de agregado fino y grueso, es el Método de agregado global porque optimiza sistemáticamente la proporción de agregado fino y grueso.



Gráfico 1. Peso unitario compactado máximo - FAZ 100%.



Gráfico 2. Peso unitario compactado máximo - SUP 100%.



Gráfico 3. Peso unitario compactado máximo - FAZ 50%.



Gráfico 4. Peso unitario compactado máximo - SUP 50%.



Gráfico 5. Peso unitario compactado máximo – FAZ 20%.



Gráfico 6. Peso unitario compactado máximo - SUP 20%.

1.8. PASO N° 08: Ajuste por contenido de humedad de los agregados

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar

en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.

ANEXO N° 04: COSTO DEL CONCRETO RECICLADO

COSTO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADO RECICLADO

1. 1.1. Cálculo del rendimiento

El costo para la producción de agregados reciclados, será calculado de acuerdo a los gastos realizados durante la ejecución de este trabajo de investigación. Algunos valores fueron asumidos, ya que en nuestra ciudad no existe una planta chancadora para agregados reciclados.

Cuadro 1. Rendimiento de maquinarias chancadora.

| CALCULO DE RENDIMIENTO DE CHANCADORA R= | | 147.90 M3/DIA |
|---|--------------------------|---------------|
| Descripción insumo | Unidad | Cuadrilla |
| CHANCADORA | Tn/h | 58 |
| Eficiencia | % | 85 |
| Tiempo Útil | % | 90 |
| Peso Específico (concreto) | Tn/m3 | 2.4 |
| ===== | | |
| RENDIMIENTO | M³/DIA | 148 |

Cuadro 2. Rendimiento de maquinarias para el transporte.

| CALCULO DE RENDIMIENTO DE TRANSPORTE DE RCD's | | R= 60.00 M3/DIA |
|--|---------------|-----------------|
| Descripción insumo | Unidad | Cuadrilla |
| Distancia media | km | 15 |
| Velocidad Promedio | km/h | 30 |
| Cargador Frontal CAT 950B, 155HP,2.40 YD3 | | |
| Volquete de 10 M3 | | |
| Tiempo de carga | km | 5.83 |
| Tiempo de descarga | min | 2.00 |
| Tiempo de Recorrido cargado | min | 30.00 |
| Tiempo de Recorrido descargado min | | 22.50 |
| TOTAL TIEMPO /CICLO | MIN | 60.33 |
| Tiempo Útil | min/d | 432 |
| Nº de Viajes | unid | 7 |
| Volumen Transportado | m3 | 72 |
| ===== | | |
| RENDIMIENTO | M3/DIA | 60 |

2. 1.2. Análisis de precios unitarios

Con los rendimientos establecidos, específicamente para el uso de las maquinarias necesarias para el procesamiento del concreto reciclado, se ha procedido a establecer el análisis de precios unitarios para su fabricación.

Cuadro 3. Análisis de precios unitarios.

| COSTO DE PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS/m3 | | | | | S/. 91.06 |
|---|----------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------|------------------|
| TRANSPORTE DE RCD's | R = 240 m3/ Dia | Costo unitario directo por: | | | 5.02 |
| | | M3 | | | |
| Descripción insumo | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial |
| Personal | | | | | |
| Operario | HH | | 0.0333 | 10.63 | 0.35 |
| | | 1.00 | | | 0.35 |
| Equipos | | | | | |
| volquete 6x4 de 10 m3 | HM | | 0.0333 | 140 | 4.674.67 |
| | | 1.00 | | | |
| CHANCADO PRIMARIO DE R= 60 RCD's | m3/Día | Costo unitario directo por: | | | 15.31 |
| | | M3 | | | |
| Descripción insumo | Unidad | Cuadrilla | Cantida | Precio | Parcial |
| Personal | | | | | |
| Operario | HH | 2.00 | 0.1333 | 11.88 | 3.17 |
| Peón | HH | 2.00 | 0.1333 | 9.60 | 2.56 |
| Capataz | HH | 1.00 | 0.1333 | 14.26 | 1.90 |
| | | | | | 7.63 |
| Materiales | | | | | |
| | GLN | | 0.0500 | 9.52 | 0.48 |
| Petróleo | | | | | 0.48 |
| Equipos | | | | | |
| | %MO | | 5.0000 | 3.9 | 0.20 |
| Herramientas manuales | HM | 0.50 | 0.1333 | 105.2 | 7.01 |
| Compresora neumática | HM | 2.00 | 0.1333 | 30 | |
| 180HP 36 PC Martillo | 7.21 neumático de 30kg | | | | |
| CHANCADO SECUNDARIO DE RCD's R= 120 m3/Dia | | Costo unitario directo por: | | | 30.68 |
| | | M3 | | | |

| Descripción insumo | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | | |
|-------------------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|----------------|--------|--------------|
| Personal | | | | | | | |
| Operario | HH | 1.00 | 0.0667 | 11.88 | 0.79 | | |
| Peón | HH | 1.00 | 0.0667 | 9.60 | 0.64 | | |
| Capataz | HH | 1.00 | 0.0667 | 14.26 | 0.95 | | |
| | | | | | 2.38 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| herramientas manuales %MO | 5.0000 | 2.32 | 0.12 | cargador frontal HM | 1.00 | 0.0667 | 119.54 |
| 7.97 Chancadora | HM | 1.00 | 0.0667 | 194.07 | 12.94 | | |
| Grupo electrógeno | HM | 1.00 | 0.0667 | 108.93 | 7.27 | | |
| | | | | | | | 28.30 |
| TRANSPORTE DE AG. RECICLADOS | R=240 m3/Dia | Costo unitario directo por: | | | 5.35 | | |
| Descripción insumo | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | | |
| Personal | | | | | | | |
| Operario | HH | | 0.0333 | 10.63 | 0.35 | | |
| | | 1.00 | | | 0.35 | | |
| Equipos | | | | | | | |
| volquete 6x4 de 15 m3 | HM | | 0.0333 | 150 | 5.005.00 | | |
| | | 1.00 | | | | | |

3. 1.3. Costo comparativo del agregado reciclado



Gráfico 1. Costo de agregados en la ciudad de Huancayo.

El agregado grueso reciclado en nuestra ciudad tiene un costo elevado si lo comparamos con los agregados que se venden en nuestra ciudad.

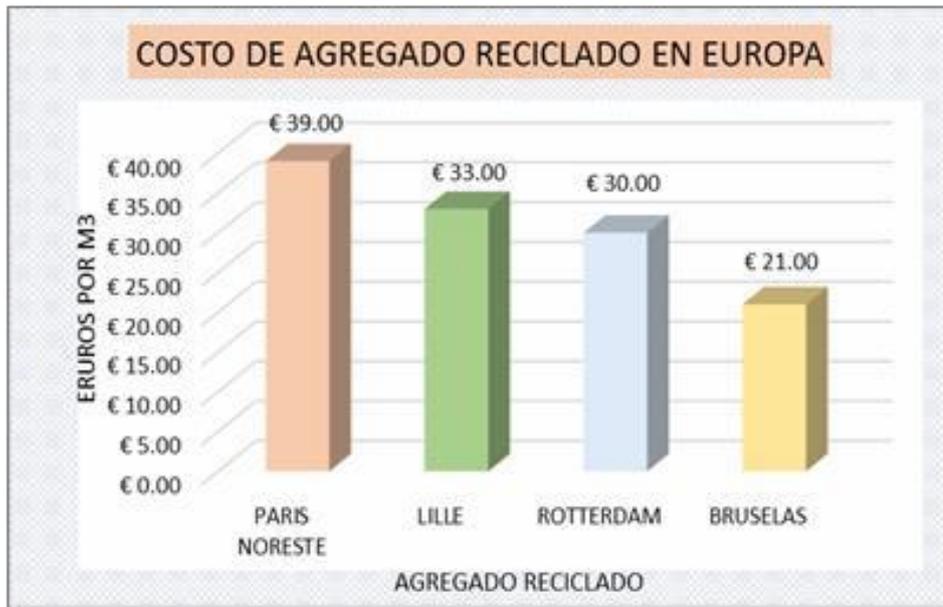


Gráfico 2. Costo de agregados en la ciudad de Europa.

El agregado grueso reciclado en nuestra ciudad tiene un costo bajo si lo comparamos con los agregados que se venden en ciudades de países europeos.

4. 1.4. Costos de producción de concreto

El costo de producción de concreto será determinado de acuerdo a los diseños de mezcla; el precio del cemento, agregado reciclado, agregado natural, arena y aditivo será el mismo para en cada diseño, lo que variara son las proporciones de cada una de ellas usadas para la preparación de este nuevo concreto.

1.4.1. Diseños de 175 kg/cm²

5. D-01

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 4. Costo por m³ de concreto f'c 175 kg/cm² con agregado natural.

| Descripción | Und. | cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|-------------|------|----------|---------------|---------|
|-------------|------|----------|---------------|---------|

| | | | | |
|----------------|------|------|------|------------|
| Cemento | bls. | 6.47 | 21.5 | 139.12 |
| Agua | m3 | 0.2 | 1.4 | 0.28 |
| Arena | m3 | 0.34 | 36 | 12.4 |
| Piedra natural | m3 | 0.36 | 70 | 25.1 |
| Aditivo | lt | 1.38 | 8.75 | 12.03 |
| Total | | | | S/. 188.93 |

6. D-02

Diseño de mezcla con 20% de sustitución de agregado, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 5. Costo por m³ de concreto f'c 175 kg/cm² con 20% de agregado reciclado.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.53 | 21.5 | 140.38 |
| Agua | m3 | 0.21 | 1.4 | 0.29 |
| Arena | m3 | 0.35 | 36 | 12.64 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.07 | 91.06 | 6.63 |
| Piedra natural | m3 | 0.28 | 70 | 19.26 |
| Aditivo | lt | 1.38 | 8.75 | 12.03 |
| Total | | | | S/. 191.24 |

7. D-03

Diseño de mezcla con 50% de sustitución de agregado reciclado, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 6. Costo por m³ de concreto f'c 175 kg/cm² con 50% de agregado reciclado.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|---------|
| Cemento | bls. | 6.59 | 21.5 | 141.65 |
| Agua | m3 | 0.22 | 1.4 | 0.31 |
| Arena | m3 | 0.37 | 36 | 13.26 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.17 | 91.06 | 15.27 |
| Piedra natural | m3 | 0.16 | 70 | 11.08 |

| | | | | |
|---------|----|------|------|------------|
| Aditivo | lt | 1.38 | 8.75 | 12.03 |
| Total | | | | S/. 193.59 |

8. D-04

Diseño de mezcla con 100% de sustitución de agregado, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 7. Costo por m³ de concreto f'c 175 kg/cm² con 100% de agregado reciclado.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.66 | 21.5 | 143.16 |
| Agua | m3 | 0.23 | 1.4 | 0.33 |
| Arena | m3 | 0.39 | 36 | 13.87 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.3 | 91.06 | 27.52 |
| Aditivo | lt | 1.38 | 8.75 | 12.03 |
| Total | | | | S/. 196.92 |

1.4.2. Diseños de 210 kg/cm²

9. DT-01

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento seco con aditivo.

Cuadro 8. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con agregado natural.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|----------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.24 | 21.5 | 134.06 |
| Agua | m3 | 0.19 | 1.4 | 0.26 |
| Arena | m3 | 0.35 | 36 | 12.54 |
| Piedra natural | m3 | 0.38 | 70 | 26.41 |
| Aditivo | lt | 1.33 | 8.75 | 11.64 |
| Total | | | | S/. 184.90 |

10.DT-03

Diseño de mezcla con 20% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y 80% de agregado natural, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento fluido sin aditivo.

Cuadro 9. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con 20% de agregado reciclado.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|-------------------|
| Cemento | bls. | 7.06 | 21.5 | 151.76 |
| Agua | m3 | 0.23 | 1.4 | 0.32 |
| Arena | m3 | 0.34 | 36 | 12.15 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.07 | 91.06 | 6.65 |
| Piedra natural | m3 | 0.26 | 70 | 18.51 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| TOTAL | | | | S/. 189.39 |

11. DT-05

Diseño con 50% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y, f'c de 210 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 10. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con 50% de agregado reciclado.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|-------------------|
| Cemento | bls. | 6.35 | 21.5 | 136.59 |
| Agua | m3 | 0.2 | 1.4 | 0.28 |
| Arena | m3 | 0.39 | 36 | 14.01 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.16 | 91.06 | 14.5 |
| Piedra natural | m3 | 0.16 | 70 | 11.15 |
| Aditivo | lt | 2.7 | 8.75 | 23.63 |
| TOTAL | | | | S/. 200.15 |

12. DT-07

Diseño con 100% de agregado proveniente de demoliciones, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento plástico sin aditivo.

Cuadro 11. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con 100% de agregado reciclado.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.47 | 21.5 | 139.12 |
| Agua | m3 | 0.21 | 1.4 | 0.29 |
| Arena | m3 | 0.39 | 36 | 13.91 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.32 | 91.06 | 28.82 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| Total | | | | S/. 182.13 |

13.DT-09

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento plástico sin aditivo.

Cuadro 12. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con agregado natural sin aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|----------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.59 | 21.5 | 141.65 |
| Agua | m3 | 0.21 | 1.4 | 0.29 |
| Arena | m3 | 0.34 | 36 | 12.38 |
| Piedra natural | m3 | 0.36 | 70 | 25.05 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| Total | | | | S/. 179.36 |

14.DT-11

Diseño con 20% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 210 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 13. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con 20% de agregado reciclado con aditivo.

| Descripción | Und. | cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|-------------|------|----------|---------------|---------|
|-------------|------|----------|---------------|---------|

| | | | | |
|------------------|------|------|-------|------------|
| Cemento | bls. | 6.24 | 21.5 | 134.06 |
| Agua | m3 | 0.19 | 1.4 | 0.27 |
| Arena | m3 | 0.36 | 36 | 12.97 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.08 | 91.06 | 7.04 |
| Piedra natural | m3 | 0.28 | 70 | 19.81 |
| Aditivo | lt | 1.33 | 8.75 | 11.64 |
| TOTAL | | | | S/. 185.78 |

15.DT-13

Diseño con 50% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 210 kg/cm², asentamiento seco sin aditivo.

Cuadro 14. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con 50% de agregado reciclado sin aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.35 | 21.5 | 136.59 |
| Agua | m3 | 0.21 | 1.4 | 0.29 |
| Arena | m3 | 0.39 | 36 | 13.86 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.16 | 91.06 | 14.5 |
| Piedra natural | m3 | 0.16 | 70 | 11.15 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| TOTAL | | | | S/. 176.39 |

16.DT-15

Diseño con 100% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 210 kg/cm², asentamiento fluido con aditivo.

Cuadro 15. Costo por m³ de concreto f'c 210 kg/cm² con 100% de agregado reciclado con aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|-------------|------|----------|---------------|---------|
| Cemento | bls. | 6.47 | 21.5 | 139.12 |
| Agua | m3 | 0.21 | 1.4 | 0.29 |
| Arena | m3 | 0.39 | 36 | 13.88 |

| | | | | |
|------------------|----|------|-------|------------|
| Piedra reciclada | m3 | 0.35 | 91.06 | 32.3 |
| Aditivo | lt | 2.75 | 8.75 | 24.06 |
| TOTAL | | | | S/. 209.65 |

1.4.3. Diseños de 280 kg/cm²

17. DT-02

Diseño de mezcla con agregado natural, f'c de 280 kg/cm², asentamiento plástico sin aditivo.

Cuadro 16. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con agregado natural sin aditivo.

| Descripción | Und. | cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|----------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 7.65 | 21.5 | 164.41 |
| Agua | m3 | 0.21 | 1.4 | 0.29 |
| Arena | m3 | 0.33 | 36 | 12.02 |
| Piedra natural | m3 | 0.35 | 70 | 24.34 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| TOTAL | | | | S/. 201.07 |

18. DT-04

Diseño con 20% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y 80% de agregado natural, f'c de 280 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 17. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con 20% de agregado reciclado con aditivo.

| | | | P.u. | |
|------------------|------|------|-------|--------|
| Cemento | bls. | 6.82 | | 146.71 |
| Agua | m3 | 0.19 | 1.4 | 0.26 |
| Arena | m3 | 0.36 | 36 | 12.89 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.07 | 91.06 | 6.65 |
| Piedra natural | m3 | 0.28 | 70 | 19.64 |
| Aditivo | lt | 2.9 | 8.75 | 25.38 |

| | | | |
|-------|--|--|------------|
| TOTAL | | | S/. 211.51 |
|-------|--|--|------------|

| Descripción | Und. | Cantidad | (s/.) | Parcial |
|-----------------|------|----------|-------|---------|
| | | | 21.5 | |
| 19.DT-06 | | | | |

Diseño con 50% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y 50% de agregado natural, f'c de 280 kg/cm², asentamiento fluido sin aditivo.

Cuadro 18. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con 50% de agregado reciclado sin aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. | Parcial |
|------------------|------|----------|-------|------------|
| | | | (s/.) | |
| Cemento | bls. | 7.88 | 21.5 | 169.47 |
| Agua | m3 | 0.22 | 1.4 | 0.3 |
| Arena | m3 | 0.35 | 36 | 12.73 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.17 | 91.06 | 15.28 |
| Piedra natural | m3 | 0.15 | 70 | 10.64 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| TOTAL | | | | S/. 208.42 |

20.DT-08

Diseño con 100% de agregado reciclado proveniente de demoliciones, f'c de 280 kg/cm², asentamiento seco con aditivo.

Cuadro 19. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con 100% de agregado reciclado con aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. | Parcial |
|------------------|------|----------|-------|------------|
| | | | (s/.) | |
| Cemento | bls. | 6.59 | 21.5 | 141.65 |
| Agua | m3 | 0.18 | 1.4 | 0.25 |
| Arena | m3 | 0.4 | 36 | 14.33 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.33 | 91.06 | 29.67 |
| Aditivo | lt | 4.48 | 8.75 | 39.2 |
| TOTAL | | | | S/. 225.10 |

21.DT-10

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 280 kg/cm², asentamiento fluido con aditivo.

Cuadro 20. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con agregado natural con aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. | Parcial |
|----------------|------|----------|-------|------------|
| | | | (s/.) | |
| Cemento | bls. | 7.41 | 21.5 | 159.35 |
| Agua | m3 | 0.21 | 1.4 | 0.29 |
| Arena | m3 | 0.34 | 36 | 12.1 |
| Piedra natural | m3 | 0.35 | 70 | 24.49 |
| Aditivo | lt | 4.73 | 8.75 | 41.39 |
| TOTAL | | | | S/. 237.62 |

22.DT-12

Diseño con 20% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 280 kg/cm², asentamiento seco sin aditivo.

Cuadro 21. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con 20% de agregado reciclado sin aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. | Parcial |
|------------------|------|----------|-------|------------|
| | | | (s/.) | |
| Cemento | bls. | 6.82 | 21.5 | 146.71 |
| Agua | m3 | 0.19 | 1.4 | 0.26 |
| Arena | m3 | 0.38 | 36 | 13.58 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.07 | 91.06 | 6.67 |
| Piedra natural | m3 | 0.27 | 70 | 18.76 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| TOTAL | | | | S/. 185.97 |

23.DT-14

Diseño de mezcla con 50% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 280 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Cuadro 22. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con 50% de agregado reciclado con aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (s/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.94 | 21.5 | 149.24 |
| Agua | m3 | 0.19 | 1.4 | 0.27 |
| Arena | m3 | 0.37 | 36 | 13.4 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.18 | 91.06 | 16.02 |
| Piedra natural | m3 | 0.16 | 70 | 11.27 |
| Aditivo | lt | 2.95 | 8.75 | 25.81 |
| TOTAL | | | | S/. 216.00 |

24.DT-16

Diseño con 100% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 280 kg/cm², asentamiento seco sin aditivo.

Cuadro 23. Costo por m³ de concreto f'c 280 kg/cm² con 100% de agregado reciclado sin aditivo.

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U. (S/.) | Parcial |
|------------------|------|----------|---------------|------------|
| Cemento | bls. | 6.59 | 21.5 | 141.65 |
| Agua | m3 | 0.2 | 1.4 | 0.28 |
| Arena | m3 | 0.39 | 36 | 13.99 |
| Piedra reciclada | m3 | 0.32 | 91.06 | 28.96 |
| Aditivo | lt | 0 | 8.75 | 0 |
| TOTAL | | | | S/. 184.88 |

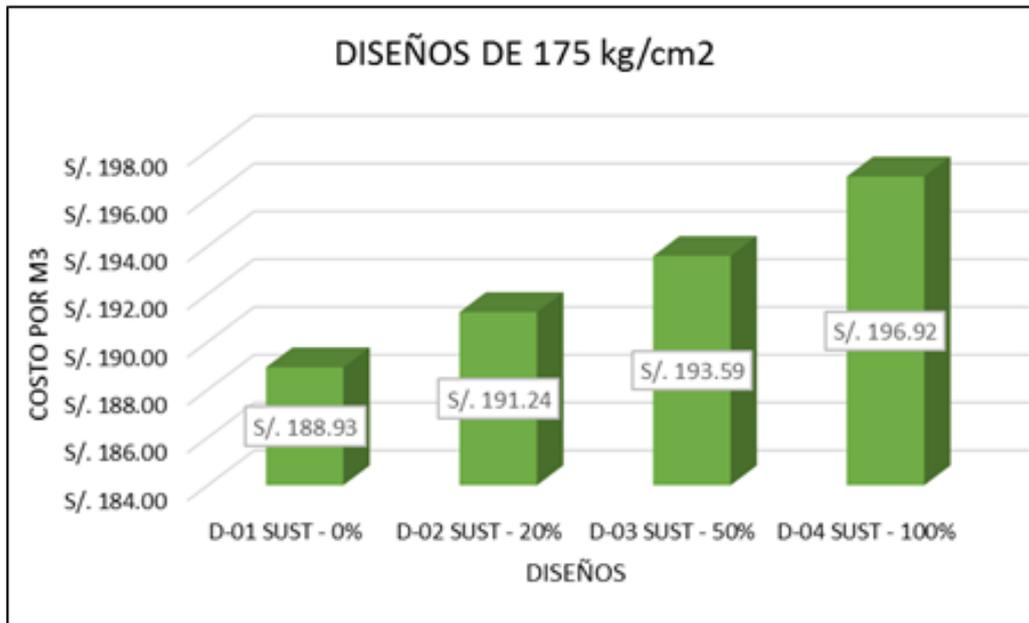


Gráfico 3. Resumen de costos para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Cuadro 24. Resumen de costos para diseños de 210 kg/cm^2 .

| DESCRIPCION | DISEÑO DE 210 kg/cm ² | COSTO |
|-----------------------|----------------------------------|------------|
| FAZ-0%-210-SECO-CA | DT-1 | S/. 184.90 |
| FAZ-20%-210-FLUI-SA | DT-3 | S/. 189.39 |
| FAZ-50%-210-PLAST-CA | DT-5 | S/. 200.15 |
| FAZ-100%-210-PLAST-SA | DT-7 | S/. 182.13 |
| SUP-0%-210-PLAST-SA | DT-9 | S/. 179.36 |
| SUP-20%-210-PLAST-CA | DT-11 | S/. 185.78 |
| SUP-50%-210-SECO-SA | DT-13 | S/. 176.39 |
| SUP-100%-210-FLUI-CA | DT-15 | S/. 209.65 |

Cuadro 25. Resumen de costos para diseños de 280 kg /cm²

| DESCRIPCION | DISEÑO DE 280 kg/cm ² | COSTO |
|----------------------|----------------------------------|------------|
| FAZ-0%-280-PLAST-SA | DT-2 | S/. 201.07 |
| FAZ-20%-280-PLAST-CA | DT-4 | S/. 211.51 |
| FAZ-50%-280-FLUI-SA | DT-6 | S/. 208.42 |
| FAZ-100%-280-SECO-CA | DT-8 | S/. 225.10 |
| SUP-0%-280-FLUI-CA | DT-10 | S/. 237.62 |
| SUP-20%-280-SECO-SA | DT-12 | S/. 185.97 |
| SUP-50%-280-PLAST-CA | DT-14 | S/. 216.00 |
| SUP-100%-280-SECO-SA | DT-16 | S/. 184.88 |

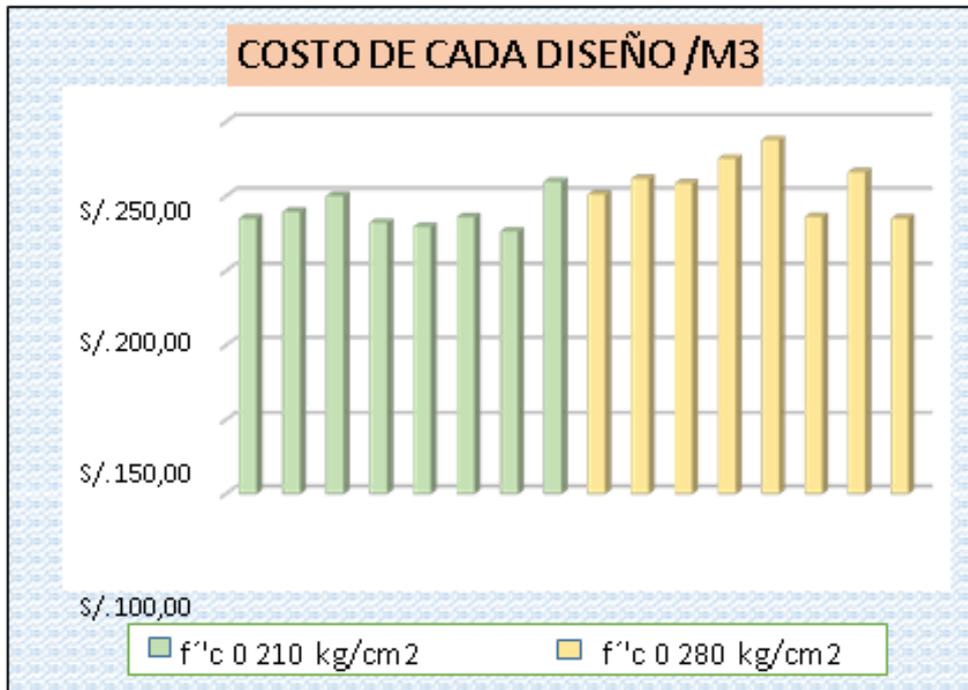


Gráfico 4. Comparación de costos de diseños de mezcla

ANEXO N° 05: ENSAYOS DE LABORATORIO

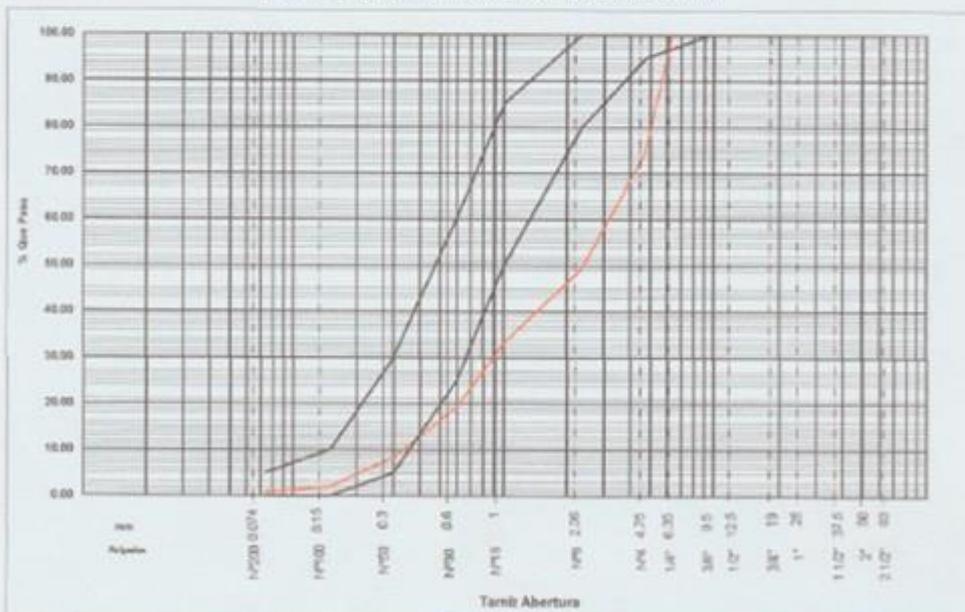


GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"

| | | | |
|--------------|--------------------------------|---------------------|--------------|
| MATERIAL : | AGREGADO FINO - ARENA REICLADA | MUESTRA No : | Planta N° 01 |
| CANTERA: | RCD's-FAZ y RCD's - SUPERMIX | FECHA DE MUESTREO : | 18/08/2015 |
| PROCEDENCIA: | RCD's-FAZ y RCD's - SUPERMIX | FECHA DE INGRESO : | 18/08/2015 |
| | | FECHA DE ANÁLISIS : | 18/08/2015 |

| GRANULOMETRÍA | | | | | | PROPIEDADES FÍSICAS | |
|---------------|---------------|------------|------------------|------------|----------|---|-------------------------|
| MALLA ASTM | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | ASTM C33 | MODULO DE FINURA | 4.13 |
| 2 1/2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | - | TAMAÑO MAX. NOM. | 3/8" a N°100 |
| 2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | - | PESO ESP. 555 | _____ kg/m ³ |
| 1 1/2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | - | PESO VOL. COMPAC. | _____ kg/m ³ |
| 1" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | - | PESO VOL. SUELTO | _____ kg/m ³ |
| 3/4" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | - | % ABSORCIÓN | _____ % |
| 1/2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | - | % HUMEDAD | _____ % |
| 3/8" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | % MALLA - # 200 | _____ % |
| 1/4" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | - | HUSO | ARENA |
| N° 4 | 253.00 | 25.41 | 25.41 | 74.59 | 35-100 | OBSERVACIONES: | |
| N° 8 | 251.30 | 25.24 | 50.64 | 49.36 | 60-100 | La curva de la arena Corresponde a la gradación | |
| N° 16 | 162.40 | 16.31 | 66.95 | 33.05 | 50-85 | NTP 400.037 y ASTM C-33 | |
| N° 30 | 137.30 | 13.79 | 80.74 | 19.26 | 25-60 | % Menor de la malla # 200 lavado: | |
| N° 50 | 110.00 | 11.05 | 91.79 | 8.21 | 5-30 | | |
| N° 100 | 61.20 | 6.15 | 97.93 | 2.07 | 0-10 | | |
| N° 200 | 14.50 | 1.46 | 99.39 | 0.61 | - | | |
| <N° 200 | 6.10 | 0.61 | 100.00 | 0.00 | - | | |
| TOTAL: | 995.80 | 100.00 | | | | | |

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil *Edytha Peña Dueñas*
ABSORENTE TÉCNICO CIP 168418
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

NORMA NTP 400.022 ; ASTM C 128

AGREGADO FINO - NORMA NTP 400.022 ; ASTM C 128

| N° DE ENSAYO | | 01 | 02 | 03 |
|--------------|---------------------------------------|---------------|---------|---------|
| A | PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE) | gr. 500.00 | 500.00 | 500.00 |
| B | PESO FIOLA + AGUA | gr. 667.50 | 667.40 | 667.80 |
| C | PESO FIOLA + AGUA + A | gr. 1167.50 | 1167.40 | 1167.80 |
| D | PESO DEL MAT. + AGUA EN LA FIOLA | gr. 977.00 | 976.80 | 977.40 |
| E | VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS | gr. 190.50 | 190.60 | 190.40 |
| F | PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C) | gr/cc. 491.50 | 491.44 | 491.56 |
| G | VOL. DE MASA | gr/cc. 182.00 | 182.04 | 181.96 |
| | P.E.M (DE MASA) | gr/cc. 2.590 | 2.578 | 2.582 |
| | P.e.S.S.S (SATURADA) | gr/cc. 2.625 | 2.623 | 2.626 |
| | P.E.A (APARENTE) | gr/cc. 2.701 | 2.700 | 2.701 |
| | % DE ABSORCION | 1.729 | 1.742 | 1.717 |
| | P.e.S.S.S (SATURADA) | gr/cc. | 2.625 | |
| | % DE ABSORCION | % | 1.729 | |

**GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Edwila Peña Dueñas
Ing. Civil Edwila Peña Dueñas
MEJOR TECNICO CP 185438
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



| ENSAYO DE PESO UNITARIO | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------|----------|----------|--------------|----------|----------|
| NORMA NTP 400.017 | | | | | | | |
| PESO UNITARIO | | SUELTO | | | VARILLADO | | |
| N° DE ENSAYO | | 01 | 02 | 03 | 01 | 02 | 03 |
| PESO DEL MOLDE | gr. | 1574 | 1574 | 1574 | 1574 | 1574 | 1574 |
| VOLUMEN DEL MOLDE | cc. | 2831.685 | 2831.685 | 2831.685 | 2831.685 | 2831.685 | 2831.685 |
| PESO MOLDE + MUESTRA | gr. | 5874 | 5901 | 5938 | 6574 | 6536 | 6537 |
| PESO DE MUESTRA NETA | gr. | 4300 | 4327 | 4364 | 5000 | 4962 | 4963 |
| PESOS UNITARIOS | gr./cc. | 1.519 | 1.528 | 1.541 | 1.766 | 1.752 | 1.753 |
| PESO UNITARIO PROMEDIO | gr./cc. | 1.529 | | | 1.757 | | |
| | | % DE VACIOS | | | | | |
| N° DE ENSAYO | | 01 | | | | | |
| PESO ESPECIFICO DE MASA | gr. | 2.580 | | | | | |
| PESO UNITARIO | gr./cc. | 1.529 | | | | | |
| DENSIDAD DEL AGUA | gr./cc. | 0.998 | | | | | |
| % VACIOS | % | 40.609 | | | | | |

**GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
[Signature]
Ing. Civil Edwila Peña Dueñas
MEJOR TECNICO CIP 16549
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



ENSAYO DE DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS

Muestra N°: M-1... RCD'S-FAZ.....

Muestra: ...504.5 g.....

Peso A = ...2261.3..... g

Peso B = ...2261.2..... g

Peso C = ...2260.8..... g

Peso D = ...1760.6..... g

$$\text{Índice de durabilidad} = 100 \times (C - D) / (A - D) = \dots\dots 99.9 \%$$

Muestra N°: M-2... RCD'S-SUPERMIX.....

Muestra: ...559.3.....

Peso A =2199.9..... g

Peso B =2199.1..... g

Peso C =2198.7..... g

Peso D =1745.1..... g

$$\text{Índice de durabilidad} = 100 \times (C - D) / (A - D) = \dots\dots 99.74 \%$$

 **GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
[Firma]
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO - CIP 145419
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

ANEXO N° 06: PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 1. Visita de botadero de desperdicios de materiales de construcción.



Fotografía 2. Selección de desperdicios para agregado reciclado.



Fotografía 3. Vista del botadero de concreto antiguo.



Fotografía 4. Vista de colocación en botadero del material excedente de construcción.



Fotografía 5. Selección de muestras de concreto reciclado.



Fotografía 6. Transporte de material reciclado mediante fajas para tratamiento.



Fotografía 7. Residuos procesados del agregado reciclado.



Fotografía 8. Ensayos para el agregado reciclado.



Fotografía 9. Ensayo de desgaste en la máquina de los Ángeles.



Fotografía 10. Elaboración de testigos de concreto.



Fotografía 11. Ensayo de trabajabilidad en el concreto.



Fotografía 12. Cálculo del peso unitario.



Fotografía 13. Medición de la cantidad de aire incorporado.



Fotografía 14. Evaluación de la exudación del concreto.



Fotografía 15. Evaluación del tiempo de fragua del concreto.



Fotografía 16. Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto.



Fotografía 17. Evaluación de la resistencia a la flexión de testigos de concreto.



Fotografía 18. Estimación de la elasticidad del concreto.