

Facultad de Tecnología de la Construcción

“DESARROLLO DE SOFTWARE BASADO EN EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PYTHON PARA LA REALIZACIÓN DE DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO EN ESTADO NORMAL APLICANDO EL METODO DEL COMITÉ ACI 211.1”.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. María Fernanda
Pérez Solís
Carnet: 2017-04731

Br. Jairo Jaritv
Pauth Zamora
Carnet: 2017-04981

Br. Nahomy Nicol
Morales Díaz
Carnet: 2017-05441

Tutor:

MSc. Ing. Silvia Lindo
O'connors

ÍNDICE

Capítulo I: Disposiciones generales	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general.	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
Capítulo II: Fundamentos teóricos	5
2.1 Generalidades del concreto.	5
2.1.1 Concreto como material de construcción.	5
2.2 Concreto en estado fresco.	5
2.3 Concreto en estado endurecido.	7
2.4 Elementos que componen el concreto.	8
2.4.1 Cemento:.....	8
2.4.2 Agua:.....	10
2.4.3 Agregados:.....	11
2.4.4 Análisis granulométrico de los agregados según ASTM C-33.....	12
2.4.5 Propiedades del agregado fino.	16
2.4.6 Propiedades del agregado grueso.	23

2.5	Diseño de mezcla de concreto en estado normal según ACI 211.1.....	27
2.5.1	Elección del asentamiento.....	29
2.5.2	Elección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso ...	30
2.5.3	Estimación del contenido de aire	31
2.5.4	Estimación de la cantidad de agua	32
2.5.5	Estimación de la relación agua – cemento.....	34
2.5.6	Cálculo del contenido del cemento	35
2.5.7	Verificación granulométrica.....	36
2.5.8	Estimación de contenido de agregado grueso	36
2.5.9	Estimación de contenido de agregado fino	38
2.5.10	Corrección por humedad y absorción de los agregados.	38
2.6	Desarrollo de software: conceptos y técnicas de programación	39
2.6.1	¿Qué es la Programación?	39
2.6.2	Lenguajes de Programación	39
2.7	¿Qué es una librería?	41
2.7.1	Entorno Gráfico	42
2.8	¿Qué es PyQt5?	44
2.9	QT Designer.....	45
2.9.1	Uso de Qt Designer para diseñar interfaz gráfico.	48

2.9.2	Visual Studio Code	51
2.9.3	Extensiones con visual studio code	52
2.9.4	Entorno Virtual En Vs Code.	53
2.9.5	Paquete de dependencias en proyectos “requirements.txt”	55
Capítulo III: Proceso computacional: Desarrollo de software “Concrete +” ..		59
3.1	Entrada y análisis de datos.	59
3.2	Procesamiento	59
3.2.1	Algoritmo de diseño de Mezcla.	59
3.2.2	Algoritmo de granulometría para agregados finos.	68
3.2.3	Algoritmo de granulometría para agregados gruesos.	73
Capítulo IV: Propiedades de los agregados en software “Concrete +”		83
4.1	Interfaz Inicial.....	83
4.2	Introducción de datos.....	87
4.3	Cálculo de propiedades del agregado grueso	90
4.4	Resultados de propiedades de agregado grueso	92
4.5	Cálculo de propiedades del agregado fino	93
4.6	Resultados de propiedades de agregado fino	96
Capítulo V: Diseño de mezcla de concreto en software “Concrete +”		97
5.1	Interfaz Inicial.....	97
5.2	Introducción de datos.....	98
5.3	Diseño de mezclas de concreto	99

5.4	Resultados del diseño de mezcla.....	101
Capítulo VI: Verificación de resultados obtenidos en software “Concrete +”		102
6.1	Propiedades de los Agregados.	102
6.1.1	Agregado Grueso	102
6.1.2	Agregado Fino	105
6.2	Diseño de Mezcla.....	109
Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones.....		117
7.1	Conclusiones	117
7.2	Recomendaciones.	118
Capítulo VIII: Anexos		119

Capítulo I: Disposiciones generales

1.1 Introducción

Actualmente el concreto es uno de los materiales de construcción más usados para las infraestructuras a nivel mundial debido a su gran versatilidad, provee las características necesarias para optimizar procesos constructivos, prolongar vida útil de las estructuras y llegar a límites insospechables en su desempeño.

El sector de la construcción vive en constante cambio, y el desarrollo de nuevas tecnologías está permitiendo un impresionante crecimiento, que permite generar construcciones sustentables y eficientes siempre apelando por una mayor productividad.

La aplicación del presente trabajo monográfico tiene como propósito desarrollar la primera versión de un software basado en el lenguaje de programación Python para la realización de diseños de mezclas de concreto en estado normal aplicando el método del comité ACI 211.1.

En este estudio se determinará la secuencia lógica para el desarrollo del proceso computacional, cálculos de las propiedades físicas de los agregados de concreto, finos y gruesos, según las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) correspondientes. Finalmente se generará un diseño de mezcla de concreto que será verificado con cálculos manuales para la validación de la funcionalidad del software.

1.2 Antecedentes

Al establecerse el concreto como material de construcción, también se establecieron distintos sistemas de dosificación que consistían en expresar mediante parte o relaciones arbitrarias las cantidades de cemento, grava y arena; así indicándose relaciones como 1:2:3 estableciendo una parte de cemento, dos partes de arena y tres partes de grava respectivamente, esta práctica fue establecida antes de que se comprendiera la importancia de la influencia del agua sobre la calidad del concreto. (Herrero Núñez, 1968).

Con el paso del tiempo y avance del concreto como uno de los materiales de construcción más usado a nivel mundial, el American Concrete Institute (A.C.I, por sus siglas en inglés) establece factores empíricos para el diseño de mezclas a base de cemento portland, usando como punto de partida necesidades principales como asentamiento de la mezcla, tamaño máximo nominal del agregado grueso y resistencia a la compresión deseada.

Con la actualización de los métodos de diseño de mezclas de concreto de cemento hidráulico, surge la necesidad de agilizar el proceso de elaboración de diseños base, y es donde se da inicio a la creación de softwares que hacen más eficiente la elaboración de las mismas, softwares elaborados por ingenieros de Perú , Bolivia o México que toman como base el manual elaborado por el Comité ACI 211, pero no toman en consideración la realización de pruebas para establecer las propiedades de los materiales necesarios, para crear un diseño de mezcla de concreto. (Cano & Flores, 2003).

1.3 Justificación

Nuestro estudio acerca de las aplicaciones y los programas desarrollados mediante los tres lenguajes de programación analizados (Java, C++ y Python) puede permitirnos distinguir con claridad las potencialidades que cada uno de estos lenguajes (y otros similares) presentan, para la resolución de problemas concretos, en un área de actividad específica. Python dispone de flexibilidad, siendo multiplataforma, multipropósito, práctico y relativamente sencillo de aprender con significativa tendencia en el futuro, razón por la cual, elegimos dicho lenguaje como base para nuestro Software.

El arte de unir dos áreas de la ingeniería para formar una herramienta eficiente, compacta y de gran utilidad fundamentada en metodologías elaboradas por el comité del ACI es nuestro reto, con potencial uso práctico en empresas dedicadas a la elaboración de concreto en serie día a día, además de permitir a la comunidad Universitaria disponer de un Software de apoyo para la realización de sus prácticas de laboratorios y a los docentes una posibilidad para ejemplificar situaciones prácticas que se podrían presentar en el campo laboral.

Por lo antes mencionado el mundo de la ingeniería tiende a automatizar procesos desarrollando software con la finalidad de reducir considerablemente tiempo en comparación de la realización de cálculos manuales y mejorar la exactitud de estos, aquí radica la importancia del presente trabajo monográfico.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

- Desarrollar un software basado en el lenguaje de programación Python para la realización de diseños de mezclas de concreto en estado normal aplicando el método del comité ACI 211.1.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar la secuencia lógica para el desarrollo del proceso computacional basado en el lenguaje de programación Python 3.10.1.
- Calcular las propiedades físicas de los agregados según las normas ASTM a través del Software.
- Generar un diseño de mezcla de concreto según ACI 211.1 con base a datos proporcionados por el usuario.
- Verificar mediante cálculos manuales la precisión del diseño de mezcla generado por el software.

Capítulo II: Fundamentos teóricos

2.1 Generalidades del concreto.

2.1.1 Concreto como material de construcción.

El concreto es uno de los materiales más usados actualmente en la construcción de edificaciones, es un material compuesto por la mezcla de cemento, agua, agregados finos y agregados gruesos que al endurecerse dan como resultado un material homogéneo capaz de soportar grandes esfuerzos a compresión.

El concreto es producido a partir de un diseño de dosificación que consiste en la selección adecuada de materiales (cemento, agua, agregados y en ocasiones aditivos), la importancia de la correcta selección de estos materiales permitirá al creador obtener una mezcla capaz de manejarse fácilmente en estado fresco y de obtener un material resistente y durable en estado endurecido.

2.2 Concreto en estado fresco.

Es el estado del concreto donde los materiales (cemento, agua, agregado fino, agregado grueso) se unen generando una mezcla homogénea y manejable que permite una colocación adecuada. El concreto en estado fresco debe de presentar las siguientes características:

- **Trabajabilidad:** Propiedad del concreto en estado fresco la cual determina la facilidad y homogeneidad con la cual puede ser mezclados, colocado, compactado y endurecido. (Comité ACI 211, 2002)

La trabajabilidad del concreto en estado fresco se puede ver afectada por diferentes factores, la morfología de los agregados ya que al ser agregados de morfología redondeada generan menos fricción en el concreto facilitando la manejabilidad del mismo, la cantidad o el tipo de materiales cementicios adicionados o el contenido de aire presente en la mezcla.

- **Consistencia:** Es la capacidad del concreto recién mezclado para fluir en el lugar donde será colocado. Una de las maneras más tradicionales de medir la consistencia del concreto es por medio de la Prueba del Asentamiento con el cono Abrams, cuyo procedimiento está establecido en ASTM C-143.

Entre mayor sea el asentamiento del concreto mayor será la facilidad de movilidad de la mezcla a la hora de ser colocada, la consistencia del concreto está directamente relacionada con la cantidad de agua agregada a la mezcla, aunque la cantidad de agua requerida por el concreto dependerá de factores como la morfología de los agregados, tipo cemento usado en la mezcla, absorción de los agregados entre otras. La cantidad de agua puede ser controlada con aditivos químicos reductores de agua.

- **Cohesividad:** Capacidad del concreto para mantenerse como una masa estable y sin segregación, uno de los principales factores que intervienen en la cohesividad de la mezcla, es la cantidad de pasta que esta contiene, la cual está compuesta por cemento y agua.
- **Segregación:** Está presente en el concreto cuando se separan las partes constituyentes del concreto, principalmente los agregados de la pasta de cemento.
- **Contenido de Aire:** Una mezcla de concreto por naturaleza tiene un contenido de aire entre 0.5% - 3%, esto es causado por los procesos de mezclado, un exceso de aire en el concreto puede generar problemas con las resistencias de diseño o en colocación ya que se pueden generar lo que comúnmente son conocidas como cangrejas.

Al concreto también se puede adicionar intencionalmente aire por medio de aditivos inclusores de aire, esta característica especial de los concretos dependerá de la exposición que tendrá el concreto en el sitio de colocación una vez esté en estado endurecido. Con la inclusión de aire podemos mejorar la trabajabilidad y la cohesión de la mezcla.

2.3 Concreto en estado endurecido.

El concreto pasa de estar en estado fresco a estado endurecido, cuando ha terminado su proceso de fraguado. Se conoce como fraguado a la reacción química realizada por el cemento una vez entra en contacto con el agua, que deriva en un endurecimiento paulatino de la mezcla. (Instituto Tecnológico de Oaxaca, 2020)

Un concreto en estado endurecido debe de presentar las siguientes características para validarse como un concreto de buena calidad:

- **Resistencia:** La resistencia del concreto es la capacidad del mismo de soportar esfuerzo generado por cargas de compresión. Las resistencias del concreto pueden verse afectadas una mala colocación, mala vibración o un curado incorrecto.
- **Durabilidad:** Capacidad del concreto de conservar inalteradas sus condiciones físicas y químicas durante su vida útil cuando se ven sometidas a la degradación de su material por diferentes efectos de cargas y solicitudes que se ven previstas en su diseño estructural. (Muñoz & Mendoza, 2013)

Usar relaciones de agua/material cementante menores puede prolongar la vida del concreto, reduciendo la penetración de líquidos agresivos.

- **Permeabilidad:** Se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo; y así ser el resultado de la composición de la porosidad en la pasta de concreto, la hidratación o la asociación con la liberación de calor y la evaporación del agua de la mezcla, la temperatura del concreto y la formación de cavidades y grietas

por contracción plástica en el concreto durante el tiempo de fraguado. (Velez, 2010)

2.4 Elementos que componen el concreto.

Como es mencionado anteriormente el concreto es un material de construcción constituido por cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y en algunos casos aditivos químicos. Cada uno de estos elementos presenta características propias que intervienen en cada una de las características del concreto fresco y endurecido que fueron mencionadas anteriormente.

2.4.1 Cemento:

El cemento es un material aglutinante con propiedades de adherencia y cohesión, que permite la unión de materiales minerales entre sí, formando una mezcla compacta y homogénea.

El cemento Portland es un tipo de cemento hidráulico que se utiliza ampliamente en la construcción debido a sus propiedades de endurecimiento y durabilidad. Hay varios tipos de cemento Portland, cada uno de con características específicas que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones en la construcción.

La realización del cemento Portland se rige a través de la Norma ASTM C-150 “Especificaciones Normalizadas para Cemento Portland”. La ASTM C-150 es una especificación para el cemento Portland hidráulico, esta especificación cubre varios tipos, cada uno con diferentes propiedades físicas y químicas.

A continuación, se detallan los tipos de cemento cubiertos por ASTM C-150:

- **Tipo I:** Este es el tipo más común de cemento Portland y se utiliza para una amplia variedad de aplicación, desde la construcción de edificios hasta la construcción de carreteras. Tiene una resistencia inicial y final normal.
- **Tipo II:** Este tipo de cemento Portland tiene una resistencia inicial y final

moderada y es adecuada para su uso en estructuras de hormigón masivo, como presas y pilares de puentes.

- **Tipo III:** Este tipo de cemento portland tiene una resistencia inicial alta y es adecuado para su uso en aplicaciones donde se requiere una resistencia temprana, como en la construcción de carreteras.
- **Tipo IV:** Tiene una baja resistencia inicial y es adecuado para su uso en estructuras de hormigón masivo, donde se requiere liberación de calor controlada durante el proceso de fraguado.
- **Tipo V:** Tiene una alta resistencia a los sulfatos y se utiliza en aplicaciones donde se requiere resistencia a la exposición a sulfatos, como en la construcción de obras hidráulicas, o cerca del mar.
- **Tipo IA, IIA, IIIA:** Es una variante del tipo I, II y III respectivamente, pero con aire incluido en la mezcla para mejorar la resistencia a la congelación y el deshielo.

Propiedades Físicas del Cemento:

- **Peso específico:** El peso específico del cemento Portland varía entre los 3.15 y 3.25 g/cm³. Esto significa que es un material denso y pesado.
- **Finura:** Esta se mide mediante el método de Blaine y se expresa en términos de área superficial específica en m² por kilogramo de cemento. La finura del cemento Portland es importante porque afecta directamente la hidratación del cemento y, por lo tanto, la resistencia y durabilidad del concreto. La finura típica del cemento Portland varía entre 280 y 460 m²/kg.
- **Color:** El cemento Portland es de color gris, pero también puede estar disponible en otros colores para fines decorativos.
- **Tiempo de Fraguado:** Es el tiempo que tarda endurecerse después de que se mezcla con agua. El tiempo de fraguado depende del tipo de cemento Portland utilizado y las condiciones ambientales, como temperatura y humedad.
- **Resistencia:** Se refiere a su capacidad para soportar fuerzas externas sin romperse o deformarse. La resistencia del cemento Portland varía según el tipo

de cemento y puede medirse a diferentes edades (por ejemplo 7, 14, o 28 días)

2.4.2 Agua:

- **Pureza:** El agua utilizada en la mezcla de concreto debe de estar libre de sedimentos, materia orgánica, aceites, grasas, ácidos u otros contaminantes que puedan afectar la calidad del concreto.
- **PH:** El agua debe de tener un PH entre 6 y 8 para garantizar que no se produzca una reacción química con el cemento que afecte la resistencia del concreto.
- **Temperatura:** La temperatura del agua también es importante, ya que el agua demasiado caliente puede acelerar el proceso de fraguado del concreto y el agua demasiado fría puede retrasar el proceso de fraguado.
- **Contenido de cloruro:** El contenido de cloruros en el agua debe de ser limitado para evitar la corrosión de esfuerzo en el concreto.

NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René, en su libro Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, recomienda los siguientes valores de la Tabla 1, para impurezas tolerables en el agua.

Tabla 1, Concentración Tolerable de Impurezas en agua de mezcla

Tipo de Impureza	Valor Máximo Recomendado
Ácido Inorgánico	10,000 ppm
Aceite Mineral	2%
Agua con Algas	NO RECOMENDABLE
Agua Sanitaria	20 ppm
Azúcares	500 ppm ³
Carbonato de Calcio y Magnesio	400 ppm
Carbonatos y Bicarbonatos de sodio y potasio	1,000 ppm
Cloruro de Calcio	30,000 ppm
Cloruro de Magnesio	40,000 ppm
Hidróxido de potasio	1.2 %
Hidróxido de sodio	0.5 %
Partículas en suspensión	2,000 ppm
PH	6 – 8
Sales de Hierro	40,000 ppm

Fuente: (Niño Hernandez)

2.4.3 Agregados:

Los agregados son materiales que se utilizan en la fabricación de concreto para proporcionar volumen y estabilidad al material. Los agregados más comunes utilizados en la fabricación de concreto son la arena, la grava y la piedra triturada.

La arena es un material fino que se agrega al concreto para mejorar su trabajabilidad. La arena se clasifica en función de su tamaño de grano.

La grava es un material grueso que se agrega al concreto para proporcionar resistencia y estabilidad. La grava también se clasifica en función de su tamaño de grano.

Es importante elegir los agregados adecuados para el tipo de concreto que se está fabricando, ya que los diferentes tipos de agregados pueden afectar la resistencia,

la trabajabilidad y la apariencia del concreto final.

2.4.4 Análisis granulométrico de los agregados según ASTM C-33

Los agregados del concreto deben estar formados por partículas duras y compactas (peso específico elevado) de textura y forma adecuada con una buena distribución de tamaños (buena granulometría). Los agregados suelen estar contaminados con limo, arcillas, humus y otras materias orgánicas. Algunos tienen porcentajes altos de material liviano o de partículas de forma alargada o plana, tales sustancias o partículas defectuosas restan calidad y resistencia al concreto y las especificaciones fijan los límites permisibles de tolerancia.

Se acepta como norma de calidad la especificación ASTM C-33, Esta norma define los requerimientos necesarios de graduación y calidad de los agregados finos y gruesos que serán usados para concreto estructural, por lo que es considerada adecuada para asegurar materiales satisfactorios para la mayoría de concretos.

La norma ASTM C-33 establece valores granulométricos para verificar si los agregados cumplen, la Granulometría, Es un método analítico para determinar la finura de las partículas de los sólidos granulares, usando diferentes tamices superpuestos, en orden de diámetro de malla, empezando por el menor diámetro desde abajo. Cuando el tamaño de las partículas es muy pequeño se usa la sedimentación en el lugar del tamizado.

La granulometría de una base de los agregados se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregado por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor.

- **Agregados Finos.**

Los agregados finos consisten en arena natural, arena manufacturada o de ambas. El agregado fino para concreto deberá de estar graduado dentro de los límites que se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 2, Límites Granulométricos para Agregado Fino

Tamiz	Porcentaje que pasa.
3/8" (9.5 mm)	100
No 4 (4.75 mm)	95 a 100
No 8 (2.36 mm)	80 a 100
No 16 (1.18 mm)	50 a 85
No 30 (600 µm)	25 a 60
No 50 (300 µm)	10 a 30
No 100 (150 µm)	2 a 10

Fuente: ASTM C-33 (ASTM C 33 "Especificación Estandar para Agregados para Concreto").

- **Módulo de Finura**

Es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificado que cumpla con la relación 1:2 desde el tamiz #100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido en 100, para este cálculo no se incluye los tamices de 1" y ½".

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido}}{100}$$

Ecuación 1, Módulo de Finura

- **Módulo de Finura para Agregado Fino:**

Se considera que el MF de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2 y 3, donde un valor menor que 2 indica una arena fina, 2.5 indica una arena de finura media, y más de 3 indica una arena gruesa.

Cálculos:

El porcentaje retenido se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{peso retenido de \# tamiz}}{\text{peso total}} \times 100.$$

Ecuación 2, Porcentaje Retenido Agg Fino

El porcentaje retenido acumulado se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\%retenidoAcum = \#4 + \#8$$

Ecuación 3, Porcentaje Retenido Acumulado Agg Fino

Se obtiene sumando paulatinamente los porcentajes retenidos de cada malla.

El porcentaje pasante se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\%Pasante = 100\% - \%retenidoAcum$$

Ecuación 4, Porcentaje Pasante Agg Fino

Se obtiene restando a 100% el porcentaje retenido.

El módulo de finura se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum \text{de los } \%retenidos \text{ acumulados en la serie de mallas}}{100}$$

Ecuación 5, Módulo de Finura Agg Fino

- **Agregados Gruesos.**

Está formado fundamentalmente por gravas, gravas trituradas, piedra triturada, escoria de hornos de explosión, concreto de cemento hidráulico triturado o combinación de lo anterior, se considera como el material retenido a partir del tamiz no 4, para su buena utilización no deben ser demasiados porosos, ni de forma muy alargada de acuerdo con los requerimientos que establecen la norma ASTM C-33.

Tabla 3, límites granulométricos para agregado grueso.

Número De Tamaño	Tamaño Nominal (Tamices con abertura cuadrada)	Cantidades más finas que Cada Tamiz de Laboratorio (Abertura Cuadrada), Porcentaje Masa												
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1½ pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (⅜ pulg)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
1	90 a 37.5 mm	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5 mm	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25 mm	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 a 4.75 mm	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 19 mm	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 a 4.75 mm	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 a 12.5 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 a 9.5 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 a 4.75 mm	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19 a 9.5 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19 a 4.75 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 a 4.745 mm	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 a 2.36 mm	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	0 a 5

Fuente: ASTM C-33 (ASTM C 33 "Especificacion Estandar para Agregados para Concreto").

- **Tamaño Máximo Nominal:**

El tamaño máximo nominal (TMN) es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos:

- El TMN no debe ser mayor que $1/5$ de la dimensión menor de la estructura comprendida, entre los lados de una formaleta.
- El TMN no debe ser mayor que $1/3$ del espesor de la losa.
- El TMN no debe ser mayor que $3/5$ del espaciamiento libre máximo entre las barras de refuerzo.

2.4.5 Propiedades del agregado fino.

- **Peso Volumétrico según ASTM C-29**

Para establecer las proporciones de las mezclas para hormigón de cemento Portland, es necesario conocer el peso unitario del grano a granel. De acuerdo con el procedimiento de la Norma ASTM C-29, un contenedor rígido de volumen conocido se rellena de árido, compactándose mediante varillas de apisonamiento.

La densidad o masa específica de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen de ese cuerpo. Si en lugar de tomar la masa de un cuerpo, se toma su peso, se obtiene lo que se conoce como peso específico. En el caso de los agregados se ha introducido una modificación en la definición anterior. Esto se debe que es necesario determinar el peso del volumen aparente de estos materiales (el volumen sin descontar los poros y espacios libres), entonces, peso específico aparente relativo es la relación entre el peso de volumen aparente de un cuerpo y el peso de volumen aparente de otro cuerpo tomado como comparación, a igual intensidad de la gravedad y en las mismas condiciones de temperatura y presión.

Peso volumétrico suelto: Se rige por la Norma ASTM C-29 donde se detalla procedimientos, requisitos y tolerancia y precisión de los equipos utilizados en la medición del peso volumétrico suelto, esta norma es aplicable para agregados gruesos y agregados finos. Se utiliza comúnmente en los laboratorios de prueba para conocer la densidad de los agregados utilizados en la fabricación del concreto.

Peso volumétrico compacto: Es para el conocimiento de volúmenes de agregados que están sujetos a asentamientos, por lo tanto, la norma que rige los procedimientos, requisitos de tolerancia y precisión para los equipos es ASTM C-29, con esta información se calcula la densidad o peso volumétrico compacto.

Cálculos.

Datos obtenidos en laboratorio:

Diámetro del molde, altura del molde, peso del molde, peso suelto del agregado fino más el peso del molde, peso compacto del agregado fino más el molde, peso suelto del agregado grueso más el peso del molde, peso compacto del agregado grueso del molde.

- Volumen del molde:

$$v = \frac{\pi h d^2}{4}$$

Ecuación 6, Volumen del Molde

Donde:

H: altura del molde

d: diámetro del molde

- PVSS (Peso volumétrico seco suelto):

$$PVSS = \frac{\text{peso suelto de agregado fino o agregado grueso mas molde} - \text{peso del molde}}{\text{volumen del molde.}}$$

Ecuación 7, Peso Volumétrico Seco Suelto

- PVSC (Peso volumétrico seco compacto):

$$PVSC = \frac{\text{peso compacto de agg fino o agg grueso mas molde} - \text{peso del molde}}{\text{volumen del molde.}}$$

Ecuación 8, Peso Volumétrico Seco Compacto

- **Contenido de humedad según ASTM C-566**

La norma ASTM C-566 rige el contenido de humedad de los agregados gruesos y finos, Esta norma establece los procedimientos para determinar el contenido de humedad, la relación de humedad/peso y la relación de humedad/volumen de los agregados gruesos y finos, que son importantes para el diseño y la calidad del concreto y otros materiales de construcción.

Esta Norma se basa en la medición del peso de una muestra de agregado antes y después del secado en un horno a una temperatura específica. El contenido de humedad se calcula dividiendo la diferencia de peso de la muestra de agregado seco y la muestra húmeda por el peso seco de la muestra y se expresa como un porcentaje.

La humedad de los agregados está compuesta por humedad de saturación y humedad superficial o libre. Para corregir el peso del material en las mezclas, se obtiene el porcentaje de humedad contenida, además del porcentaje de absorción del agregado. Un cambio del 1 % en el contenido de humedad, cambia el asentamiento del concreto en 1.5 pulgadas y 300 libras/pulgadas².

Los agregados se encuentran en cualquiera de los siguientes estados:

- Seco al horno, completamente seco y absorbente.
- Seco al aire, seco en su superficie, pero con poco contenido de humedad, menor que la requerida para saturar las partículas. Poco absorbente.
- Húmedo o mojado, contiene exceso de humedad en la superficie de las partículas.
- Saturado y superficie seca, condición ideal que debe tener el agregado para que no adicione o absorba el agua del concreto.

Cálculos.

Datos obtenidos de laboratorio:

Peso de la muestra húmeda del agregado fino o grueso sin tara, peso de la muestra seca del agregado fino o grueso sin tara.

- Contenido de humedad o Porcentaje de humedad:

$$\%W = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100$$

Ecuación 9, Contenido de Humedad

Donde:

W_{mh} : peso de muestra húmeda.

W_{ms} : peso de muestra seca.

- **Absorción según ASTM C-128:**

La norma ASTM C-128 establece los procedimientos para determinar la cantidad de agua que un agregado fino absorbe en función de su peso seco y su densidad aparente. La absorción de agua es una medida importante en la producción de concreto y otros materiales de construcción, ya que puede afectar las propiedades del material y la cantidad de agua necesaria para lograr una mezcla adecuada. La norma ASTM C128-15 es utilizada por los laboratorios de pruebas y la industria de la construcción para garantizar la calidad y uniformidad de los materiales de construcción.

Cálculos

El porcentaje de absorción de agregado se determinó con la siguiente ecuación:

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

Ecuación 10, Porcentaje de Absorción

Donde:

S: Peso de la muestra saturada y superficialmente seco.

A: Peso de la muestra secada al horno.

- **Densidad del agregado fino según ASTM C-128**

Para obtener la densidad específica aparente (Dea) o Gravedad específica aparente se utilizó la siguiente ecuación:

$$Dea = \frac{A}{(B + A - C)}$$

Ecuación 11, Densidad Aparente

Para obtener la densidad específica de masa (Dem) o Gravedad específica se utilizó la siguiente ecuación:

$$Dem = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Ecuación 12, Densidad Especifica

Para obtener la densidad específica de masa saturada superficialmente seca o Gravedad específica (DeSSS) se utilizó la siguiente ecuación:

$$DeSSS = \frac{S}{(B + S - C)}$$

Ecuación 13, Densidad específica SSS

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno.

B: Peso del picnómetro llenado con agua hasta la marca de calibración.

C: Peso del picnómetro llenado con la muestra y agua hasta la marca de calibración.

S: Peso de la muestra saturada y superficialmente seco.

- **Sustancias perjudiciales según ASTM C-33**

La cantidad de sustancias deletéreas en el agregado fino no excederá los límites presentado en la tabla 11.

Tabla 4, Límites de Sustancias Deletreas en Agregados Finos

Sustancia	Porcentaje máximo en peso del total de la muestra
Arcilla y partículas disgregables	3.0
Material más fino que el tamiz 200 (75 μ m)	3.0
Concreto sujeto a abrasión	5.0
Cualquier otro concreto	
Carbón y lignito:	
Cuando la apariencia del concreto es de importancia	0.5
Cualquier otro concreto	1.0

Fuente: (ASTM C 33 "Especificacion Estandar para Agregados para Concreto")

En el caso de arena manufacturada, si el material más fino que el tamiz 200 consiste en polvo de fractura, esencialmente libre de arcilla o esquisto, estos límites pueden incrementarse en 5 y 7 % respectivamente.

- **Impurezas orgánicas según ASTM C-40**

El contenido de impurezas orgánicas se determina por la prueba de colorimétrica. A excepción de los límites de la tabla III, los agregados sujetos a las pruebas de impurezas orgánicas y que produzcan un color más oscuro que lo habitual deberán ser rechazados, a menos que cumplan algunas de las siguientes condiciones:

- Puede usarse un agregado fino que no haya cumplido con el ensayo, si se comprueba la decoloración se produjo debido a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares.
- Puede usarse un agregado fino que no haya cumplido con el ensayo, si cuando se ensaye, posee las siguientes propiedades adecuadas para la fabricación de morteros y estos presenten una resistencia a la compresión no menor del 95% a los 7 días, calculada según la norma de ASTM C-87.

2.4.6 Propiedades del agregado grueso.

Las propiedades del agregado grueso como el Peso Volumétrico Seco Compacto, Peso Volumétrico Seco Suelto, y el cálculo de la de la humedad en el agregado son regidos por las normas ASTM C-29 y ASTM C-566, al igual que el análisis de estas propiedades del agregado fino.

- **Absorción según ASTM C-127.**

La norma ASTM C-127 consiste en sumergir el agregado grueso en agua durante un periodo de tiempo especificado (24 horas) para permitir que el agua penetre por los poros del material, y luego secar el agregado, para determinar el peso antes y luego de la inmersión, obteniendo el porcentaje de absorción del agregado grueso.

El porcentaje de absorción de agregado se determinó con la siguiente ecuación:

$$Ab(\%) = \frac{(B - A)}{A}$$

Ecuación 14, Porcentaje de Absorción

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno.

B: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (SSS).

- **Densidad según ASTM C-127.**

Cálculos.

Los datos tomados de laboratorio son: las dimensiones y el peso del molde utilizado en el ensayo son los mismos para los pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados gruesos y finos: altura del molde, diámetro del molde, peso del molde.

Para obtener la densidad específica aparente (Dea) o Gravedad específica aparente se utilizó la siguiente ecuación:

$$Dea = \frac{A}{(A - C)}$$

Ecuación 15, Densidad Aparente

Para obtener la densidad específica de masa (Dem) o Gravedad específica se utilizó la siguiente ecuación:

$$Dem = \frac{A}{(B - C)}$$

Ecuación 16, Densidad Especifica

Para obtener la densidad específica de masa saturada superficialmente seca o Gravedad específica (DeSSS) se utilizó la siguiente ecuación:

$$DeSSS = \frac{B}{(B - C)}$$

Ecuación 17, Densidad específica SSS

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno.

B: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (SSS).

C: Peso aparente de la muestra saturada sumergida en agua.

- **Resistencia a la abrasión según ASTM C-131**

La resistencia al desgaste (abrasión), y la resistencia a un rayado de un agregado, a menudo es empleado como índice de su calidad.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo de la máquina de los Ángeles, de acuerdo con la norma ASTM C-131, consiste, básicamente, en colocar el agregado dentro de cilindro rotatorio con una carga de bolas de acero por un periodo de tiempo especificado en la norma anterior, de lo cual se determina el porcentaje de desgaste sufridos.

El agregado grueso ensayado a desgaste no deberá mostrar una perdida mayor al 50 por ciento en el peso, si fuera el caso, podrá usarse siempre y cuando se produzca resistencias satisfactorias en el concreto de proporciones seleccionadas.

Ensayo de abrasión en la máquina los Ángeles.

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregados gruesos menores de 1 ½ pulgada (37.5 mm), para determinar su resistencia al desgaste en la máquina

de los ángeles.

Muestra de ensayo.

La muestra de ensayo consistirá en agregado que ha sido secado al horno a temperatura de 105 °C a 110 °C, hasta obtener el peso constante. La graduación utilizada será aquella que cumpla con el porcentaje retenido en la muestra cuarteada y homogenizada.

Procedimiento.

- a) Se encuentra la granulometría con una cantidad representativa para obtener los porcentajes y cantidades retenidas, así se identifica el tipo de abrasión.
- b) De acuerdo a la cantidad de material, por graduación se clasifica el tipo de desgaste, según la siguiente tabla.

Tabla 5, Tipo de abrasión según granulometría

Tipo	Tamices	Peso retenido (gr)	No de esferas	Rev.	Tiempo (min)
A	1" 1/2", 3/8", 3/4".	1250±10	12	500	17
B	1/2", Y 3/8 "	2500±10	11	500	17
C	1/4" Y No.4	2500±10	8	500	17
D	No.8	5000	6	500	17

Fuente: (American Society for Testing and Materials)

- c) La diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de ensayo, se expresará en forma de porcentaje del peso inicial de la muestra de ensayo. Este valor será expresado como porcentaje de desgaste.

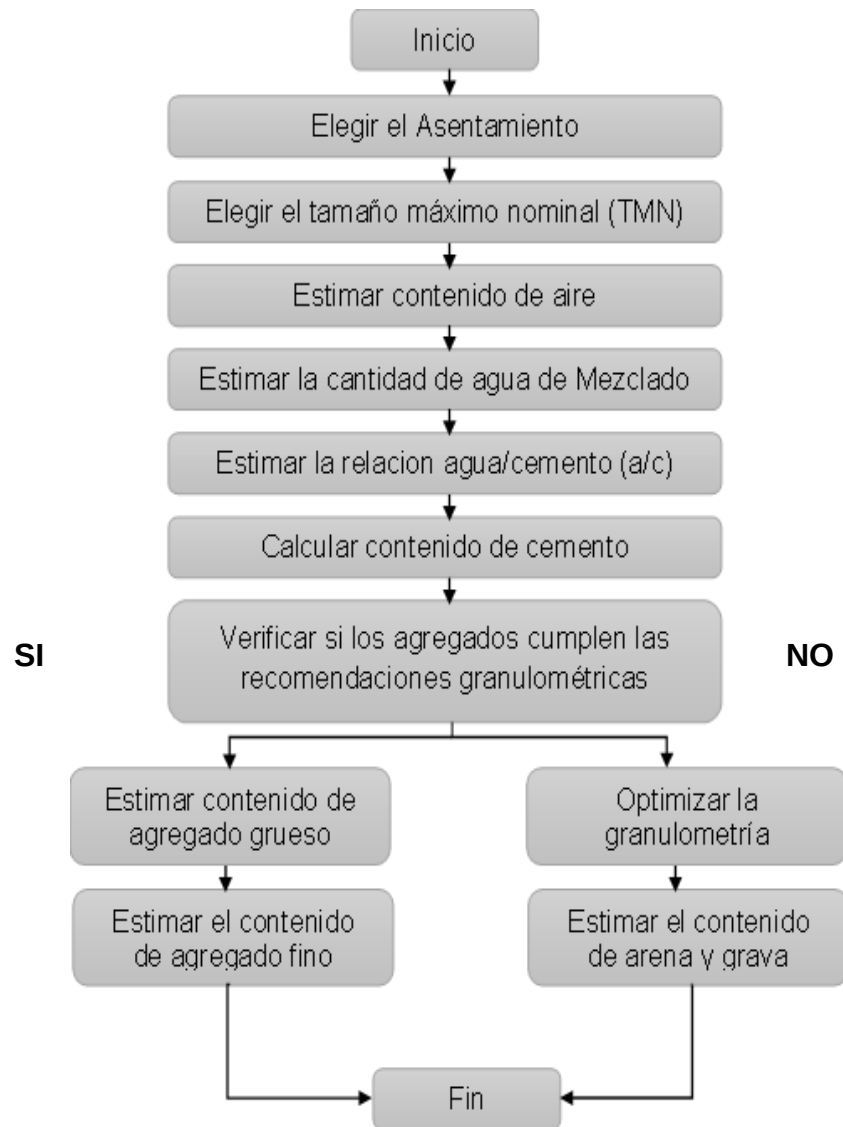
2.5 Diseño de mezcla de concreto en estado normal según ACI 211.1

El diseño de mezclas de concreto ACI 211 es un proceso para determinar las proporciones adecuadas de los materiales necesarios para producir una mezcla de concreto con las características deseadas. El proceso sigue los procedimientos establecidos por el American Concrete Institute (ACI).

Es importante tener en cuenta que el diseño de mezclas de concreto ACI 211 es un proceso complejo que requiere de conocimientos técnicos y experiencia en la industria del concreto. Es recomendable buscar la ayuda de un ingeniero o un técnico capacitado en el diseño de mezclas de concreto para garantizar una mezcla adecuada para la aplicación adecuada.

Este diseño de mezclas de concreto tiene en cuenta factores como la resistencia a la compresión, la trabajabilidad, la densidad, la durabilidad y la resistencia a la abrasión. Para generar una mezcla de concreto se deberán llevar a cabo los siguientes pasos:

Ilustración 1, Diagrama del funcionamiento del software de diseño de mezcla



Fuente: Elaboración Propia

2.5.1 Elección del asentamiento.

El método ACI 211.1-91 establece que la cantidad adecuada de agua de revenimiento debe determinarse en función de las características del concreto y las condiciones de colocación. Las principales variables que influyen en la selección del revenimiento son:

- La consistencia deseada del concreto.
- La forma y tamaño de la estructura a construir.
- La cantidad de armadura y densidad de la armadura
- El método de colocación del concreto, ya sea por bombeo, vibración o colocación manual.

Tabla 6, Revenimientos recomendados para diversos Tipos de Construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento in (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	3 (7.5)	1 (2.5)
Zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos	3 (7.5)	1 (2.5)
Vigas y muros reforzados	4 (10)	1 (2.5)
Columnas para edificios	4 (10)	1 (2.5)
Pavimentos y Losas	3 (7.5)	1 (2.5)
Concreto Masivo	2 (5)	1 (2.5)

Fuente: (Comité ACI 211, 2002)(Tabla 6.3.1)

2.5.2 Elección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso

Se establecen las siguientes limitantes para el tamaño máximo nominal de los agregados en concreto:

- Para concreto estructural: El TMN del agregado no debe de exceder de $\frac{1}{3}$ del espesor del elemento de concreto, ni $\frac{3}{4}$ de la distancia libre entre armado de acero o entre la armadura y borde de la pieza.
- Para concreto no estructural: El TMN del agregado no debe de exceder $\frac{2}{3}$ del espesor mínimo de la pieza de concreto.

Tabla 7: Valores Recomendados de TMN según el Tipo de Construcción

Dimensión Mínima del Elemento (cm)	Tamaño Máximo Nominal en mm (Pulgadas)			
	Muros Reforzados, Vigas y Columnas	Muros sin refuerzo	Losas muy Reforzadas	Losas sin Refuerzo o poco Reforzadas
6-15	12(1/2") - 19(3/4")	19(3/4")	19(3/4") – 25(1")	19(3/4") – 38(1 1/2")
19-29	19(3/4") – 38(1 1/2")	38(1 1/2")	38(1 1/2") – 76(3")	
30-74	38(1 1/2") – 76(3")	76(3")	38(1 1/2") – 76(3")	76(3")
75 o mas	38(1 1/2") – 76(3")	152(6")	38(1 1/2") – 76(3")	76(3")-152(6")

Fuente: (Niño Hernandez)

2.5.3 Estimación del contenido de aire

El contenido de aire en el concreto es una característica que permite una fácil manejabilidad, aporta cohesión a la mezcla y permite que se realicen procesos de hielo y deshielo sin afectar la calidad del concreto en estado endurecido. En ACI 318 S-08 se establecen valores recomendados de contenido de aire según el tipo de exposición que tendrá el concreto. A continuación, se mencionan los tipos de exposición que existen:

- **Exposición Baja:** Cuando se desea tener aire atrapado en la mezcla para mejorar la trabajabilidad y la cohesión en concretos que tienen una baja cuantía de cemento.
- **Exposición Moderada:** Se incluye aire para edificaciones que estarán expuestas al enfriamiento, pero no de manera constante, que no estarán expuestos por largos periodos de tiempo por humedad o agua previo al enfriamiento y que no deben de estar contante mente expuestos al hielo y deshielo.
- **Exposición Severa:** Para concretos que están expuestos a contantes ciclos de hielo y deshielo, que vayan a saturarse de humedad o agua libre o que deben de estar expuestos a químicos agresivos.

Tabla 8, Valores Recomendados de Contenido de Aire en el Concreto Según La Exposición.

Agregado Grueso Pulgadas (mm)	Porcentaje Promedio de aire atrapado	Porcentaje Promedio Total de Aire recomendado para los siguientes grados de exposición		
		Bajo	Moderado	Severo
3/8 (9.5)	3.0	4.5	6.0	7.5
1/2 (12.5)	2.5	4.0	5.5	7.0
3/4 (19)	2.0	3.5	5.0	6.0
1 (25.5)	1.5	3.0	4.5	6.0
1 ½ (38)	1.0	2.5	4.5	5.5
2 (50)	0.5	2.0	4.0	5.0
3 (76)	0.3	1.5	3.5	4.5
6 (152.5)	0.2	1.0	3.0	4.0

Fuente: (Niño Hernandez)

2.5.4 Estimación de la cantidad de agua

El contenido de agua que contiene un concreto dependerá de la manejabilidad que se requiera en la mezcla, el agua en la mezcla es uno de los factores más importantes porque de ella depende la cohesión de la mezcla y la hidratación del cemento para lograr una mezcla homogeneizada, altos contenidos de agua pueden generar repercusiones en la resistencia final del concreto.

A continuación, cantidades de agua recomendadas según el tipo de agregado y revenimiento deseado:

Tabla 9, Cantidad de agua de mezclado aproximada según revenimientos deseados y TMN de agregados gruesos

Cantidades de agua (kg/m ³) según TMN de agregado grueso.								
Revenimiento (in)	3/8 in	½ in	¾ in	1 in	1 ½ in	2 in	3 in	6 in
Concreto sin aire incluido								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-
Mas de 7	-	-	-	-	-	-	-	-
Concreto con aire incluido								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	-
Mas de 7	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Comité ACI 211, 2002).

Las cantidades de agua de mezclado deben de utilizarse en los cálculos de factores de cemento para mezclas de prueba. Son las máximas para agregados gruesos angulares razonablemente bien formados graduados dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.

Los valores de revenimiento para un concreto que contenga un agregado mayor de 1 ½ in, están basados en pruebas de revenimiento efectuado después de remover las partículas mayores de 1 ½ in, por medio del cribado en húmedo del concreto.

2.5.5 Estimación de la relación agua – cemento.

Los requerimientos de relaciones agua – cemento no son solo para establecer una resistencia en el concreto sino, también para factores como la durabilidad. Dependiendo de los diferentes tipos de agregados o tipos de cementos las resistencias pueden variar, aunque posean las mismas relaciones agua – cemento.

Tabla 10, Relaciones a/c según la resistencia a la compresión y contenido de aire.

Esfuerzo a la compresión a edad de 28 días (PSI)	Relación agua – cemento	
	Sin Aire Incorporado	Con Aire Incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.45
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: (Comité ACI 211, 2002)

Las relaciones antes mostradas están diseñadas para concretos que no contienen más del 2 % de aire no incluido, y 6% de aire total incluido. Entre mayor sea el contenido de aire en la mezcla menor será la resistencia obtenida manteniendo relaciones agua – cemento en ambos casos.

Para concretos que estarán en exposición severa, la relación agua – cemento deberá ser menor para mantener los requerimientos de resistencia. En la tabla 7 se presentan los valores limitantes según exposición.

Tabla 11, Relación a/c máximo permisible para concretos en exposición severa

Tipo de estructura	Estructura constantemente o regularmente humedad o expuesto al congelamiento o descongelamiento	Estructuras expuestas al agua del mar o sulfatos
Secciones Pequeñas (bordillos, repisas, trabajos ornamentales) y secciones con menos de 1 in de espaciamiento entre el acero.	0.45	0.40+
Todas las estructuras	0.50	0.45+

Fuente: (Comité ACI 211, 2002)

2.5.6 Cálculo del contenido del cemento

Para el cálculo del peso del cemento presente en la mezcla se deberá seguir la siguiente ecuación:

$$C = \frac{a}{a/c}$$

Ecuación 18, Relación a/c

Se deberán usar valores obtenidos en los anteriores, donde:

a = Contenido de agua en la mezcla obtenida en el paso 2.5.4

a/c = Relación agua – cemento obtenido en el paso 2.5.5

2.5.7 Verificación granulométrica.

Es utilizado para medir valores de resistencia en la mezcla de concreto. Para esto se deberán de seguir los parámetros establecidos por la norma ASTM C-33 “Especificación Estándar para Agregados para Concreto”. Que facilita tablas para verificar que la granulometría del agregado grueso y agregado fino es la adecuada para la elaboración del concreto. Esta información será vista más a detalle en el capítulo 2.3 “Propiedades de los agregados para concreto según Normas ASTM” de este trabajo monográfico.

2.5.8 Estimación de contenido de agregado grueso

Cuando los agregados cumplen con lo establecido en la ASTM C-33, se procede a estimar la cantidad en volumen de agregado grueso y agregado fino.

Se encuentra el volumen de agregado grueso por metro cúbico de concreto, haciendo uso de la tabla, que muestra el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (Bo) según su módulo de finura del agregado fino.

Tabla 12, Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño Máximo Nominal de Agregado Grueso.	Volumen de agregado grueso secado en horno por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 in	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 in	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 in	0.66	0.64	0.62	0.60
1 in	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½ in	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Comité ACI 211, 2002)

Luego, se obtiene el volumen de partículas de agregado grueso por metro cúbico de agregado grueso, y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$V_A = \frac{MUC}{d_g}$$

Ecuación 19, Volumen Agg Grueso

Donde:

MUC = Peso Volumétrico Seco Compacto del agregado grueso

Dg = Densidad aparente de la grava

Teniendo el valor de volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto y por unidad de partículas de agregado por metro cúbico, se determina el volumen total de agregado grueso que posee la mezcla para un metro cúbico, con la siguiente ecuación:

$$B = B_o * V_A$$

Ecuación 20, Volumen total de Agg Grueso

Donde:

B_o = Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

V_A = Volumen de partículas de agregado grueso por metro cúbico de agregado grueso.

2.5.9 Estimación de contenido de agregado fino

A este punto, se ha encontrado la cantidad de todos los ingredientes que componen el concreto a excepción de la arena. Por tanto, el método más exacto de calcular estas cantidades es por el método de volumen de los materiales, ya que al volumen total de los agregados se le resta el volumen requerido de la arena.

2.5.10 Corrección por humedad y absorción de los agregados.

Debido a las cantidades de agua presentes en los agregados para el concreto, es posible que la mezcla quede con una mayor cantidad de agua a la requerida, o viceversa. Es por esta razón que a los agregados se les realiza la prueba de absorción y contenido de humedad, para lograr establecer las cantidades sobrantes o faltantes de agua en la mezcla de concreto.

$$A = M(H \pm Abs)$$

Ecuación 21, Ajuste de Humedad

Donde:

A = Agua en exceso o defecto respecto a la condición SSS

M = Peso de la muestra Seca, en Kg

H = Humedad del Agregado en tanto por uno

Abs = Absorción del agregado en tanto por uno

2.6 Desarrollo de software: conceptos y técnicas de programación

2.6.1 ¿Qué es la Programación?

“Programación es simplemente el acto de introducir instrucciones para que un ordenador las ejecute” (Sweigart, 2020).

“La programación es el proceso de transformar la solución de un problema en un programa de computadora, mediante la escritura de código en un lenguaje de programación específico” (Koffman, 2010)

En resumen, la programación es el arte de diseñar una herramienta que la pueda ejecutar una maquina con optimización de tiempo, disminución de error humano y con una solución eficiente.

2.6.2 Lenguajes de Programación

La creación de los primeros lenguajes de programación se remonta a la década de 1940, con la creación de lenguajes de bajo nivel, como el lenguaje de máquina y el lenguaje ensamblador. A medida que la programación de computadoras se volvió más compleja, se hizo evidente la necesidad de un mejor nivel.

Python por su parte, apareció hasta en los años 80 cuando el programador holandés Guido Van Rossum comenzó a trabajar en el en 1989 lanzando su primera versión Python 0.9.0. Hoy en día hemos desarrollado nuestro software con la versión Python

3.11.2 donde podemos ver el gran crecimiento que ha presentado con la actualización constante de su lenguaje encontrándose entre los más utilizados a nivel mundial.

A continuación, se presentan cinco de los lenguajes más utilizados en el mundo:

- **Python:** “Python es un lenguaje de programación (con reglas de sintaxis para escribir lo que se considera código Python válido) y el software intérprete de Python que lee el código fuente (escrito en el lenguaje de Python) y ejecuta las instrucciones”. (Sweigart, 2020). Lo que hace que Python sea tan popular es su sintaxis fácil de leer y escribir, lo que facilita la comprensión del código incluso para aquellos que no tienen experiencia en el amplio mundo de la programación. Además, Python es un lenguaje de programación interpretado, lo que significa que no requiere un proceso de compilación previo y se puede ejecutar línea por línea, lo que lo hace ideal para el prototipado rápido y la depuración.
- **Java:** “Es un lenguaje de programación orientado a objetos y multiplataforma desarrollado por Sun Microsystems en la década de 1990. Se caracteriza por ser seguro, robusto y portable, lo que significa que el mismo código fuente puede ser ejecutado en diferentes sistemas operativos sin necesidad de realizar modificaciones importantes en el mismo” (Gosling, 2020).
- **JavaScript:** “Es un lenguaje de programación interpretado, de alto nivel y multiplataforma, que se utiliza principalmente para agregar interactividad a sitios web. Es un lenguaje orientado a objetos, basado en prototipos y dinámico, lo que significa que no es necesario declarar el tipo de dato de las variables” (Flanagan, 2011).
- **C++:** “El lenguaje C++ es un lenguaje de programación de alto nivel que permite a los programadores escribir programas que funcionan en una variedad de

plataformas. Es un lenguaje derivado del lenguaje C y agrega características de programación orientada a objetos, como clases, objetos, herencia y polimorfismo. C++ es un lenguaje muy popular en la industria del software, especialmente para aplicaciones de sistemas operativos, videojuegos y dispositivos móviles” (Deitel, 2017).

- **PHP:** “Es un lenguaje de programación diseñado para el desarrollo de aplicaciones web dinámicas. Fue creado en 1994 por Rasmus Lerdorf y es ampliamente utilizado en la creación de sitios web y sistemas de gestión de contenido (CMS) como WordPress y Drupal”.

Es importante señalar que Java y JavaScript son lenguajes íntegramente diferentes, aunque usualmente son erróneamente considerados como uno solo tienen mundos diferentes, además, cada uno de estos lenguajes mencionados tienen un uso predefinido para el cual brindan mayor comodidad y confort.

En la actualidad no necesitas tener conocimientos avanzados de matemática para poder programar, es decir, puedes tener conocimientos básicos de aritmética, trigonometría y álgebra para poder dominar y resolver una gran variedad de problemas con algoritmos relativamente prácticos y sencillos que podrían ser entendidos por alguien que incluso no ha aprendido nada de programación.

2.7 ¿Qué es una librería?

“Una librería es un conjunto de módulos que proporciona una serie de funciones que pueden ser utilizadas por otros programas para realizar diversas tareas sin necesidad de tener que escribir todo el código desde cero. Las librerías son una forma de reutilizar el código existente, lo que puede ahorrar tiempo y esfuerzo al programador” (McKinney, 2017).

Además de ser un conjunto de funciones y herramientas predefinidas que facilitan el desarrollo de software, las bibliotecas también pueden tener diferentes licencias que rigen su uso y distribución. Es importante tener en cuenta la licencia de una

biblioteca antes de utilizarla en un proyecto, ya que algunas pueden tener restricciones en su uso comercial o requerir que se den créditos al autor original. Por lo tanto, es importante leer cuidadosamente las condiciones de la licencia antes de incorporar una biblioteca en un proyecto.

Para leer las condiciones de la licencia de una biblioteca, generalmente se proporciona un archivo llamado "LICENSE" en la raíz del directorio de la biblioteca o en su página web oficial. Este archivo contiene los términos y condiciones de la licencia que se deben aceptar antes de utilizar la biblioteca.

2.7.1 Entorno Gráfico

Podemos dividir de forma muy genérica las aplicaciones con las que trabajamos en nuestro ordenador en dos tipos: De modo texto y gráficas. En esta solo presentamos en la pantalla caracteres mientras que en la segunda está compuesta por distintos elementos gráficos (botones, cuadros de texto, etiquetas, listas etc.).

A continuación, se ejemplificarán ambos casos:

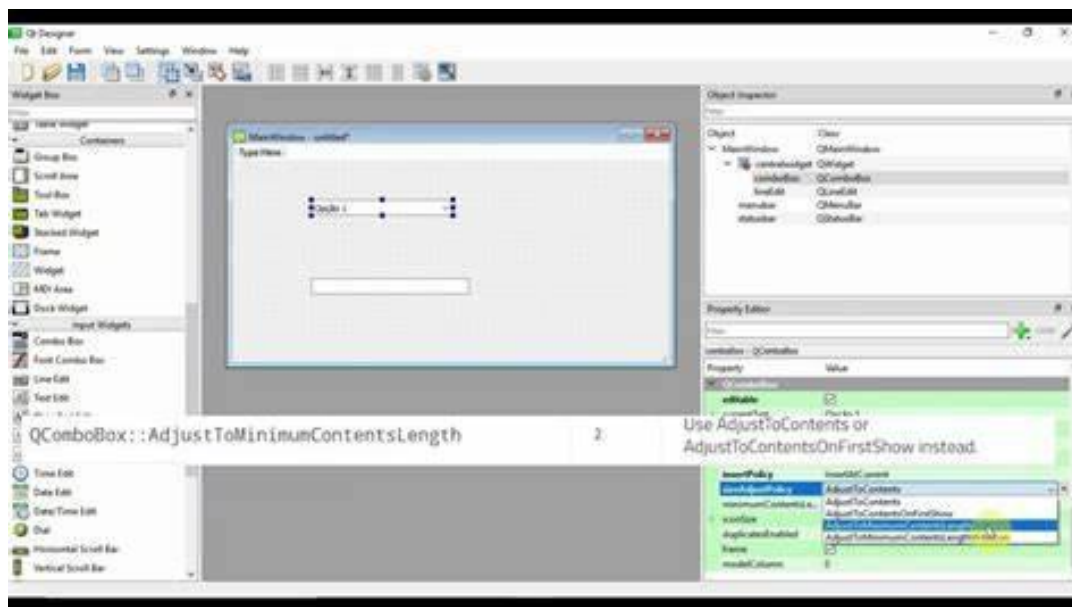
Ilustración 2, Ejemplo de Scripts o código

```
◆ PVSS.py > ...
1 #-----
2 #IMPORTAR LIBRERIAS DE USO
3 import numpy as np
4 import matplotlib as plt
5 #-----
6
7 #PESO VOLUMETRICO SUELTO DE LA ARENA
8
9 # DATOS PROPORCIONADOS POR EL USUARIO
10 print("A continuación se solicitarán los valores relacionados con el molde para e calculo de peso volumetrico seco suelto de la arena")
11 diametro_molde1=float(input("ingrese el diametro (cm)"))
12 altura_molde1=float(input("ingrese la altura (cm)"))
13 peso_molde1=float(input("ingrese el peso del molde (gr)"))
14 peso_arena_molde1=float(input("peso de la arena suelto seco mas el peso del molde (gr)"))
15
16 #Cálculo del volumen
17 volumen1=(np.pi/4)*(np.square(diametro_molde1))*(altura_molde1)
18
19 #Cálculo de PVSS
20
21 PVSS1=((peso_arena_molde1-peso_molde1)/(volumen1))*1000
22
23 print("El peso volumetrico seco suelto de la arena es (Kg/m³): ",round(PVSS1,2))
24 #-----
25 #PESO VOLUMETRICO COMPACTO DE LA ARENA
26
27 # DATOS PROPORCIONADOS POR EL USUARIO
28 print("A continuación se solicitarán los valores relacionados con el molde para el calculo del peso volumetrico seco compacto de la arena")
29 diametro_molde2=float(input("ingrese el diametro (cm)"))
30 altura_molde2=float(input("ingrese la altura (cm)"))
31 peso_molde2=float(input("ingrese el peso del molde (gr)"))
32 peso_arena_molde2=float(input("peso de la arena compacto mas el peso del molde (gr)"))
33
34 #Cálculo del volumen
35 volumen2=(np.pi/4)*(np.square(diametro_molde2))*(altura_molde2)
36
37 #-----
38
39 #-----
40
41 #-----
42
43 #-----
44
45 #-----
46
47 #-----
48
49 #-----
50
51 #-----
52
53 #-----
54
55 #-----
56
57 #-----
58
59 #-----
60
61 #-----
62
63 #-----
64
65 #-----
66
67 #-----
68
69 #-----
70
71 #-----
72
73 #-----
74
75 #-----
76
77 #-----
78
79 #-----
80
81 #-----
82
83 #-----
84
85 #-----
86
87 #-----
88
89 #-----
90
91 #-----
92
93 #-----
94
95 #-----
96
97 #-----
98
99 #-----
100
101 #-----
102
103 #-----
104
105 #-----
106
107 #-----
108
109 #-----
110
111 #-----
112
113 #-----
114
115 #-----
116
117 #-----
118
119 #-----
120
121 #-----
122
123 #-----
124
125 #-----
126
127 #-----
128
129 #-----
130
131 #-----
132
133 #-----
134
135 #-----
136
137 #-----
138
139 #-----
140
141 #-----
142
143 #-----
144
145 #-----
146
147 #-----
148
149 #-----
150
151 #-----
152
153 #-----
154
155 #-----
156
157 #-----
158
159 #-----
160
161 #-----
162
163 #-----
164
165 #-----
166
167 #-----
168
169 #-----
170
171 #-----
172
173 #-----
174
175 #-----
176
177 #-----
178
179 #-----
180
181 #-----
182
183 #-----
184
185 #-----
186
187 #-----
188
189 #-----
190
191 #-----
192
193 #-----
194
195 #-----
196
197 #-----
198
199 #-----
200
201 #-----
202
203 #-----
204
205 #-----
206
207 #-----
208
209 #-----
210
211 #-----
212
213 #-----
214
215 #-----
216
217 #-----
218
219 #-----
220
221 #-----
222
223 #-----
224
225 #-----
226
227 #-----
228
229 #-----
230
231 #-----
232
233 #-----
234
235 #-----
236
237 #-----
238
239 #-----
240
241 #-----
242
243 #-----
244
245 #-----
246
247 #-----
248
249 #-----
250
251 #-----
252
253 #-----
254
255 #-----
256
257 #-----
258
259 #-----
260
261 #-----
262
263 #-----
264
265 #-----
266
267 #-----
268
269 #-----
270
271 #-----
272
273 #-----
274
275 #-----
276
277 #-----
278
279 #-----
280
281 #-----
282
283 #-----
284
285 #-----
286
287 #-----
288
289 #-----
290
291 #-----
292
293 #-----
294
295 #-----
296
297 #-----
298
299 #-----
300
301 #-----
302
303 #-----
304
305 #-----
306
307 #-----
308
309 #-----
310
311 #-----
312
313 #-----
314
315 #-----
316
317 #-----
318
319 #-----
320
321 #-----
322
323 #-----
324
325 #-----
326
327 #-----
328
329 #-----
330
331 #-----
332
333 #-----
334
335 #-----
336
337 #-----
338
339 #-----
340
341 #-----
342
343 #-----
344
345 #-----
346
347 #-----
348
349 #-----
350
351 #-----
352
353 #-----
354
355 #-----
356
357 #-----
358
359 #-----
360
361 #-----
362
363 #-----
364
365 #-----
366
367 #-----
368
369 #-----
370
371 #-----
372
373 #-----
374
375 #-----
376
377 #-----
378
379 #-----
380
381 #-----
382
383 #-----
384
385 #-----
386
387 #-----
388
389 #-----
390
391 #-----
392
393 #-----
394
395 #-----
396
397 #-----
398
399 #-----
400
401 #-----
402
403 #-----
404
405 #-----
406
407 #-----
408
409 #-----
410
411 #-----
412
413 #-----
414
415 #-----
416
417 #-----
418
419 #-----
420
421 #-----
422
423 #-----
424
425 #-----
426
427 #-----
428
429 #-----
430
431 #-----
432
433 #-----
434
435 #-----
436
437 #-----
438
439 #-----
440
441 #-----
442
443 #-----
444
445 #-----
446
447 #-----
448
449 #-----
450
451 #-----
452
453 #-----
454
455 #-----
456
457 #-----
458
459 #-----
460
461 #-----
462
463 #-----
464
465 #-----
466
467 #-----
468
469 #-----
470
471 #-----
472
473 #-----
474
475 #-----
476
477 #-----
478
479 #-----
480
481 #-----
482
483 #-----
484
485 #-----
486
487 #-----
488
489 #-----
490
491 #-----
492
493 #-----
494
495 #-----
496
497 #-----
498
499 #-----
500
501 #-----
502
503 #-----
504
505 #-----
506
507 #-----
508
509 #-----
510
511 #-----
512
513 #-----
514
515 #-----
516
517 #-----
518
519 #-----
520
521 #-----
522
523 #-----
524
525 #-----
526
527 #-----
528
529 #-----
530
531 #-----
532
533 #-----
534
535 #-----
536
537 #-----
538
539 #-----
540
541 #-----
542
543 #-----
544
545 #-----
546
547 #-----
548
549 #-----
550
551 #-----
552
553 #-----
554
555 #-----
556
557 #-----
558
559 #-----
560
561 #-----
562
563 #-----
564
565 #-----
566
567 #-----
568
569 #-----
570
571 #-----
572
573 #-----
574
575 #-----
576
577 #-----
578
579 #-----
580
581 #-----
582
583 #-----
584
585 #-----
586
587 #-----
588
589 #-----
590
591 #-----
592
593 #-----
594
595 #-----
596
597 #-----
598
599 #-----
600
601 #-----
602
603 #-----
604
605 #-----
606
607 #-----
608
609 #-----
610
611 #-----
612
613 #-----
614
615 #-----
616
617 #-----
618
619 #-----
620
621 #-----
622
623 #-----
624
625 #-----
626
627 #-----
628
629 #-----
630
631 #-----
632
633 #-----
634
635 #-----
636
637 #-----
638
639 #-----
640
641 #-----
642
643 #-----
644
645 #-----
646
647 #-----
648
649 #-----
650
651 #-----
652
653 #-----
654
655 #-----
656
657 #-----
658
659 #-----
660
661 #-----
662
663 #-----
664
665 #-----
666
667 #-----
668
669 #-----
670
671 #-----
672
673 #-----
674
675 #-----
676
677 #-----
678
679 #-----
680
681 #-----
682
683 #-----
684
685 #-----
686
687 #-----
688
689 #-----
690
691 #-----
692
693 #-----
694
695 #-----
696
697 #-----
698
699 #-----
700
701 #-----
702
703 #-----
704
705 #-----
706
707 #-----
708
709 #-----
710
711 #-----
712
713 #-----
714
715 #-----
716
717 #-----
718
719 #-----
720
721 #-----
722
723 #-----
724
725 #-----
726
727 #-----
728
729 #-----
730
731 #-----
732
733 #-----
734
735 #-----
736
737 #-----
738
739 #-----
740
741 #-----
742
743 #-----
744
745 #-----
746
747 #-----
748
749 #-----
750
751 #-----
752
753 #-----
754
755 #-----
756
757 #-----
758
759 #-----
760
761 #-----
762
763 #-----
764
765 #-----
766
767 #-----
768
769 #-----
770
771 #-----
772
773 #-----
774
775 #-----
776
777 #-----
778
779 #-----
780
781 #-----
782
783 #-----
784
785 #-----
786
787 #-----
788
789 #-----
790
791 #-----
792
793 #-----
794
795 #-----
796
797 #-----
798
799 #-----
800
801 #-----
802
803 #-----
804
805 #-----
806
807 #-----
808
809 #-----
810
811 #-----
812
813 #-----
814
815 #-----
816
817 #-----
818
819 #-----
820
821 #-----
822
823 #-----
824
825 #-----
826
827 #-----
828
829 #-----
830
831 #-----
832
833 #-----
834
835 #-----
836
837 #-----
838
839 #-----
840
841 #-----
842
843 #-----
844
845 #-----
846
847 #-----
848
849 #-----
850
851 #-----
852
853 #-----
854
855 #-----
856
857 #-----
858
859 #-----
860
861 #-----
862
863 #-----
864
865 #-----
866
867 #-----
868
869 #-----
870
871 #-----
872
873 #-----
874
875 #-----
876
877 #-----
878
879 #-----
880
881 #-----
882
883 #-----
884
885 #-----
886
887 #-----
888
889 #-----
890
891 #-----
892
893 #-----
894
895 #-----
896
897 #-----
898
899 #-----
900
901 #-----
902
903 #-----
904
905 #-----
906
907 #-----
908
909 #-----
910
911 #-----
912
913 #-----
914
915 #-----
916
917 #-----
918
919 #-----
920
921 #-----
922
923 #-----
924
925 #-----
926
927 #-----
928
929 #-----
930
931 #-----
932
933 #-----
934
935 #-----
936
937 #-----
938
939 #-----
940
941 #-----
942
943 #-----
944
945 #-----
946
947 #-----
948
949 #-----
950
951 #-----
952
953 #-----
954
955 #-----
956
957 #-----
958
959 #-----
960
961 #-----
962
963 #-----
964
965 #-----
966
967 #-----
968
969 #-----
970
971 #-----
972
973 #-----
974
975 #-----
976
977 #-----
978
979 #-----
980
981 #-----
982
983 #-----
984
985 #-----
986
987 #-----
988
989 #-----
990
991 #-----
992
993 #-----
994
995 #-----
996
997 #-----
998
999 #-----
1000
1001 #-----
1002
1003 #-----
1004
1005 #-----
1006
1007 #-----
1008
1009 #-----
1010
1011 #-----
1012
1013 #-----
1014
1015 #-----
1016
1017 #-----
1018
1019 #-----
1020
1021 #-----
1022
1023 #-----
1024
1025 #-----
1026
1027 #-----
1028
1029 #-----
1030
1031 #-----
1032
1033 #-----
1034
1035 #-----
1036
1037 #-----
1038
1039 #-----
1040
1041 #-----
1042
1043 #-----
1044
1045 #-----
1046
1047 #-----
1048
1049 #-----
1050
1051 #-----
1052
1053 #-----
1054
1055 #-----
1056
1057 #-----
1058
1059 #-----
1060
1061 #-----
1062
1063 #-----
1064
1065 #-----
1066
1067 #-----
1068
1069 #-----
1070
1071 #-----
1072
1073 #-----
1074
1075 #-----
1076
1077 #-----
1078
1079 #-----
1080
1081 #-----
1082
1083 #-----
1084
1085 #-----
1086
1087 #-----
1088
1089 #-----
1090
1091 #-----
1092
1093 #-----
1094
1095 #-----
1096
1097 #-----
1098
1099 #-----
1100
1101 #-----
1102
1103 #-----
1104
1105 #-----
1106
1107 #-----
1108
1109 #-----
1110
1111 #-----
1112
1113 #-----
1114
1115 #-----
1116
1117 #-----
1118
1119 #-----
1120
1121 #-----
1122
1123 #-----
1124
1125 #-----
1126
1127 #-----
1128
1129 #-----
1130
1131 #-----
1132
1133 #-----
1134
1135 #-----
1136
1137 #-----
1138
1139 #-----
1140
1141 #-----
1142
1143 #-----
1144
1145 #-----
1146
1147 #-----
1148
1149 #-----
1150
1151 #-----
1152
1153 #-----
1154
1155 #-----
1156
1157 #-----
1158
1159 #-----
1160
1161 #-----
1162
1163 #-----
1164
1165 #-----
1166
1167 #-----
1168
1169 #-----
1170
1171 #-----
1172
1173 #-----
1174
1175 #-----
1176
1177 #-----
1178
1179 #-----
1180
1181 #-----
1182
1183 #-----
1184
1185 #-----
1186
1187 #-----
1188
1189 #-----
1190
1191 #-----
1192
1193 #-----
1194
1195 #-----
1196
1197 #-----
1198
1199 #-----
1200
1201 #-----
1202
1203 #-----
1204
1205 #-----
1206
1207 #-----
1208
1209 #-----
1210
1211 #-----
1212
1213 #-----
1214
1215 #-----
1216
1217 #-----
1218
1219 #-----
1220
1221 #-----
1222
1223 #-----
1224
1225 #-----
1226
1227 #-----
1228
1229 #-----
1230
1231 #-----
1232
1233 #-----
1234
1235 #-----
1236
1237 #-----
1238
1239 #-----
1240
1241 #-----
1242
1243 #-----
1244
1245 #-----
1246
1247 #-----
1248
1249 #-----
1250
1251 #-----
1252
1253 #-----
1254
1255 #-----
1256
1257 #-----
1258
1259 #-----
1260
1261 #-----
1262
1263 #-----
1264
1265 #-----
1266
1267 #-----
1268
1269 #-----
1270
1271 #-----
1272
1273 #-----
1274
1275 #-----
1276
1277 #-----
1278
1279 #-----
1280
1281 #-----
1282
1283 #-----
1284
1285 #-----
1286
1287 #-----
1288
1289 #-----
1290
1291 #-----
1292
1293 #-----
1294
1295 #-----
1296
1297 #-----
1298
1299 #-----
1300
1301 #-----
1302
1303 #-----
1304
1305 #-----
1306
1307 #-----
1308
1309 #-----
1310
1311 #-----
1312
1313 #-----
1314
1315 #-----
1316
1317 #-----
1318
1319 #-----
1320
1321 #-----
1322
1323 #-----
1324
1325 #-----
1326
1327 #-----
1328
1329 #-----
1330
1331 #-----
1332
1333 #-----
1334
1335 #-----
1336
1337 #-----
1338
1339 #-----
1340
1341 #-----
1342
1343 #-----
1344
1345 #-----
1346
1347 #-----
1348
1349 #-----
1350
1351 #-----
1352
1353 #-----
1354
1355 #-----
1356
1357 #-----
1358
1359 #-----
1360
1361 #-----
1362
1363 #-----
1364
1365 #-----
1366
1367 #-----
1368
1369 #-----
1370
1371 #-----
1372
1373 #-----
1374
1375 #-----
1376
1377 #-----
1378
1379 #-----
1380
1381 #-----
1382
1383 #-----
1384
1385 #-----
1386
1387 #-----
1388
1389 #-----
1390
1391 #-----
1392
1393 #-----
1394
1395 #-----
1396
1397 #-----
1398
1399 #-----
1400
1401 #-----
1402
1403 #-----
1404
1405 #-----
1406
1407 #-----
1408
1409 #-----
1410
1411 #-----
1412
1413 #-----
1414
1415 #-----
1416
1417 #-----
1418
1419 #-----
1420
1421 #-----
1422
1423 #-----
1424
1425 #-----
1426
1427 #-----
1428
1429 #-----
1430
1431 #-----
1432
1433 #-----
1434
1435 #-----
1436
1437 #-----
1438
1439 #-----
1440
1441 #-----
1442
1443 #-----
1444
1445 #-----
1446
1447 #-----
1448
1449 #-----
1450
1451 #-----
1452
1453 #-----
1454
1455 #-----
1456
1457 #-----
1458
1459 #-----
1460
1461 #-----
1462
1463 #-----
1464
1465 #-----
1466
1467 #-----
1468
1469 #-----
1470
1471 #-----
1472
1473 #-----
1474
1475 #-----
1476
1477 #-----
1478
1479 #-----
1480
1481 #-----
1482
1483 #-----
1484
1485 #-----
1486
1487 #-----
1488
1489 #-----
1490
1491 #-----
1492
1493 #-----
1494
1495 #-----
1496
1497 #-----
1498
1499 #-----
1500
1501 #-----
1502
1503 #-----
1504
1505 #-----
1506
1507 #-----
1508
1509 #-----
1510
1511 #-----
1512
1513 #-----
1514
1515 #-----
1516
1517 #-----
1518
1519 #-----
1520
1521 #-----
1522
1523 #-----
1524
1525 #-----
1526
1527 #-----
1528
1529 #-----
1530
1531 #-----
1532
1533 #-----
1534
1535 #-----
1536
1537 #-----
1538
1539 #-----
1540
1541 #-----
1542
1543 #-----
1544
1545 #-----
1546
1547 #-----
1548
1549 #-----
1550
1551 #-----
1552
1553 #-----
1554
1555 #-----
1556
1557 #-----
1558
1559 #-----
1560
1561 #-----
1562
1563 #-----
1564
1565 #-----
1566
1567 #-----
1568
1569 #-----
1570
1571 #-----
1572
1573 #-----
1574
1575 #-----
1576
1577 #-----
1578
1579 #-----
1580
1581 #-----
1582
1583 #-----
1584
1585 #-----
1586
1587 #-----
1588
1589 #-----
1590
1591 #-----
1592
1593 #-----
1594
1595 #-----
1596
1597 #-----
1598
1599 #-----
1600
1601 #-----
1602
1603 #-----
1604
1605 #-----
1606
1607 #-----
1608
1609 #-----
1610
1611 #-----
1612
1613 #-----
1614
1615 #-----
1616
1617 #-----
1618
1619 #-----
1620
1621 #-----
1622
1623 #-----
1624
1625 #-----
1626
1627 #-----
1628
1629 #-----
1630
1631 #-----
1632
1633 #-----
1634
1635 #-----
1636
1637 #-----
1638
1639 #-----
1640
1641 #-----
1642
1643 #-----
1644
1645 #-----
1646
1647 #-----
1648
1649 #-----
1650
1651 #-----
1652
1653 #-----
1654
1655 #-----
1656
1657 #-----
1658
1659 #-----
1660
1661 #-----
1662
1663 #-----
1664
1665 #-----
1666
1667 #-----
1668
1669 #-----
1670
1671 #-----
1672
1673 #-----
1674
1675 #-----
1676
1677 #-----
1678
1679 #-----
1680
1681 #-----
1682
1683 #-----
1684
1685 #-----
1686
1687 #-----
1688
1689 #-----
1690
1691 #-----
1692
1693 #-----
1694
1695 #-----
1696
1697 #-----
1698
1699 #-----
1700
1701 #-----
1702
1703 #-----
1704
1705 #-----
1706
1707 #-----
1708
1709 #-----
1710
1711 #-----
1712
1713 #-----
1714
1715 #-----
1716
1717 #-----
1718
1719 #-----
1720
1721 #-----
1722
1723 #-----
1724
1725 #-----
1726
1727 #-----
1728
1729 #-----
1730
1731 #-----
1732
1733 #-----
1734
1735 #-----
1736
1737 #-----
1738
1739 #-----
1740
1741 #-----
1742
1743 #-----
1744
1745 #-----
1746
1747 #-----
1748
1749 #-----
1750
1751 #-----
1752
1753 #-----
1754
1755 #-----
1756
1757 #-----
1758
1759 #-----
1760
1761 #-----
1762
1763 #-----
1764
1765 #-----
1766
1767 #-----
1768
1769 #-----
1770
1771 #-----
1772
1773 #-----
1774
1775 #-----
1776
1777 #-----
1778
1779 #-----
1780
1781 #-----
1782
1783 #-----
1784
1785 #-----
1786
1787 #-----
1788
1789 #-----
1790
1791 #-----
1792
1793 #-----
1794
1795 #-----
1796
1797 #-----
1798
1799 #-----
1800
1801 #-----
1802
1803 #-----
1804
1805 #-----
1806
1807 #-----
1808
1809 #-----
1810
1811 #-----
1812
1813 #-----
1814
1815 #-----
1816
1817 #-----
1818
1819 #-----
1820
1821 #-----
1822
1823 #-----
1824
1825 #-----
1826
1827 #-----
1828
1829 #-----
1830
1831 #-----
1832
1833 #-----
1834
1835 #-----
1836
1837 #-----
1838
1839 #-----
1840
1841 #-----
1842
1843 #-----
1844
1845 #-----
1846
1847 #-----
1848
1849 #-----
1850
1851 #-----
1852
1853 #-----
1854
1855 #-----
1856
1857 #-----
1858
1859 #-----
1860
1861 #-----
1862
1863 #-----
1864
1865 #-----
1866
1867 #-----
1868
1869 #-----
1870
1871 #-----
1872
1873 #-----
1874
1875 #-----
1876
1877 #-----
1878
1879 #-----
1880
1881 #-----
1882
1883 #-----
1884
1885 #-----
1886
1887 #-----
1888
1889 #-----
1890
1891 #-----
1892
1893 #-----
1894
1895 #-----
1896
1897 #-----
1898
1899 #-----
1900
1901 #-----
1902
1903 #-----
1904
1905 #-----
1906
1907 #-----
1908
1909 #-----
1910
1911 #-----
1912
1913 #-----
1914
1915 #-----
1916
1917 #-----
1918
1919 #-----
1920
1921 #-----
1922
1923 #-----
1924
1925 #-----
1926
1927 #-----
1928
1929 #-----
1930
1931 #-----
1932
1933 #-----
1934
1935 #-----
1936
1937 #-----
1938
1939 #-----
1940
1941 #-----
1942
1943 #-----
1944
1945 #-----
1946
1947 #-----
1948
1949 #-----
1950
1951 #-----
1952
1953 #-----
1954
1955 #-----
1956
1957 #-----
1958
1959 #-----
1960
1961 #-----
1962
1963 #-----
1964
1965 #-----
1966
1967 #-----
1968
1969 #-----
1970
1971 #-----
1972
1973 #-----
1974
1975 #-----
1976
1977 #-----
1978
1979 #-----
1980
1981 #-----
1982
1983 #-----
1984
1985 #-----
1986
1987 #-----
1988
1989 #-----
1990
1991 #-----
1992
1993 #-----
1994
1995 #-----
1996
1997 #-----
1998
1999 #-----
2000
2001 #-----
2002
2003 #-----
2004
2005 #-----
2006
2007 #-----
2008
2009 #-----
2010
2011 #-----
2012
2013 #-----
2014
2015 #-----
2016
2017 #-----
2018
2019 #-----
2020
2021 #-----
2022
2023 #-----
2024
2025 #-----
2026
2027 #-----
2028
2029 #-----
2030
2031 #-----
2032
2033 #-----
2034
2035 #-----
2036
2037 #-----
2038
2039 #-----
2040
2041 #-----
2042
2043 #-----
2044
2045 #-----
2046
2047 #-----
2048
2049 #-----
2050
2051 #-----
2052
2053 #-----
2054
2055 #-----
2056
2057 #-----
2058
2059 #-----
2060
2061 #-----
2062
2063 #-----
2064
2065 #-----
2066
2067 #-----
2068
2069 #-----
2070
2071 #-----
2072
2073 #-----
2074
2075 #-----
2076
2077 #-----
2078
2079 #-----
2080
2081 #-----
2082
2083 #-----
2084
2085 #-----
2086
2087 #-----
2088
2089 #-----
2090
2091 #-----
2092
2093 #-----
2094
2095 #-----
2096
2097 #-----
2098
2099 #-----
2100
2101 #-----
2102
2103 #-----
2104
2105 #-----
2106
2107 #-----
2108
2109 #-----
2110
2111 #-----
2112
2
```

Donde podemos ver la realización del algoritmo que calculará la propiedad de los agregados en el software, cuando se corre en la terminal el archivo .py podemos observar que aparece el input **“Ingrese el diámetro (cm)”** en la parte inferior de la terminal.

Como ejemplo de aplicación de la parte grafica tenemos:

Ilustración 3 Ejemplo de Interfaz gráfica



Fuente: Elaboración propia.

Podemos apreciar la presencia de cuadros de diálogos donde el usuario tendrá la disponibilidad de proporcionar los datos necesarios para el diseño de su necesidad.

Nuestro reto fue diseñar el software de la manera más iterativa y amigable con el usuario, donde los datos sean introducidos mediante casillas, uso de botones y demás elementos dentro de que se denomina GUI (Graphics User Interface), que es una interfaz (Conexión) entre el usuario y la aplicación que nos permite interactuar de forma gráfica. Eso se consigue mediante una herramienta como QT Designer específicamente diseñada para crear este tipo de archivos de manera

eficiente y cuenta con una disponibilidad múltiples plataformas.

A través de Qt Designer podremos usar todos los elementos necesarios para crear una interfaz en archivo .UI adaptada a nuestras necesidades.

Además de Qt Designer existen otras herramientas que podríamos utilizar que solamente serán mencionadas en el presente documento para darle una mayor visión del panorama al lector, entre ellas destacaremos tres:

- **Tkinter:** Viene en la instalación por defecto de Python, por lo que la tenemos ya instalada en nuestro ordenador y podemos considerarla como la herramienta estándar para el diseño de interfaces gráficos.
- **GTK:** Una librería al estilo de Qt muy usada en el entorno de GNU/Linux.
- **WxPython:** Es una librería escrita en C++ que nos permite crear aplicaciones graficas multiplataformas.

2.8 ¿Qué es PyQt5?

Es un conjunto de enlaces Python para el toolkit de interfaz gráfica de usuario (GUI) Qt de la compañía de Qt Company. PyQt permite desarrollar una interfaz gráfica completa y moderna utilizando la amplia gama de Widgets y herramientas proporcionadas por Qt.

Qt es una biblioteca multiplataforma de desarrollo de aplicaciones en C++ que incluye una amplia variedad de herramientas para desarrollar interfaces gráficas de usuario, Networking, manejo de base de datos, multimedia, entre otras. PyQt se integra con esta biblioteca permitiendo que los desarrolladores puedan utilizar todos los recursos de Qt.

PyQT incluye una gran cantidad de módulos y herramientas, como clases para crear y gestionar ventanas, etiquetas, cuadro de diálogos, botones, listas, tablas, menú y mucho más. Además, también proporciona una herramienta llamada **Qt Designer**, que permite a los desarrolladores crear visualmente las interfaces gráficas de usuario de sus aplicaciones y generar el código correspondiente a Python.

Para instalarlo en nuestro proyecto bastará con digitar los siguientes comandos en la terminal y la espera estará en función de tu conexión a internet:

Ilustración 4, Comando o Código de instalación

```
pip install PyQt5
```

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5, Comando o Código de instalación

```
pip install PyQt5-tools
```

Fuente: Elaboración propia.

2.9 QT Designer

Una vez que tenemos PyQt instalado en las carpetas adecuadas de nuestro sistema, podremos hacer uso de sus elementos en nuestros códigos en Python importándolos.

A pesar de ser una metodología a la que podríamos estar acostumbrados en nuestros programas (importar librerías para usar las clases incluidas en ellas) no es desde luego la más cómoda ni la más utilizada forma para diseñar y crear

aplicaciones de tipo GUI, dado que, al margen de no disponer de ninguna ayuda visual, debemos tener un total conocimiento de las clases y métodos involucrados en nuestra aplicación. Por otra parte, tenemos la opción brindada por QT Designer siendo una ayuda para diseñar en forma gráfica, una forma mucho más sencilla en la cual puedes hacer uso de sus opciones predeterminadas y posteriormente convertir ese archivo de extensión .ui a un archivo de Python .py.

A continuación, se mostrará la diferencia con un ejemplo práctico que permita crear una ventana y una etiqueta de las dos maneras mencionadas:

Ilustración 4 Ejemplo de código UI manual.

```
prueba.py > ...
1  import sys
2  from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QLabel, QWidget
3
4  # Creamos una aplicación
5  app = QApplication(sys.argv)
6
7  # Creamos una ventana (widget)
8  ventana = QWidget()
9
10 # Creamos una etiqueta
11 etiqueta = QLabel(' TESIS 2023', ventana,)
12
13 # Mostramos la ventana
14 ventana.show()
15
16 # Iniciamos la aplicación
17 sys.exit(app.exec_())
18
```

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5 Ejemplo de código UI con Qt Designer

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43
❖ Ul.py > ...
from PyQt5 import QtCore, QtGui, QtWidgets

class Ui_MainWindow(object):
    def setupUi(self, MainWindow):
        MainWindow.setObjectName("MainWindow")
        MainWindow.resize(240, 320)
        self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow)
        self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")
        self.label = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
        self.label.setGeometry(QtCore.QRect(20, 110, 211, 61))
        font = QtGui.QFont()
        font.setPointSize(20)
        self.label.setFont(font)
        self.label.setObjectName("label")
        MainWindow.setCentralWidget(self.centralwidget)
        self.menubar = QtWidgets.QMenuBar(MainWindow)
        self.menubar.setGeometry(QtCore.QRect(0, 0, 240, 21))
        self.menubar.setObjectName("menubar")
        MainWindow.setMenuBar(self.menubar)
        self.statusbar = QtWidgets.QStatusBar(MainWindow)
        self.statusbar.setObjectName("statusbar")
        MainWindow.setStatusBar(self.statusbar)

        self.retranslateUi(MainWindow)
        QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow)

    def retranslateUi(self, MainWindow):
        _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
        MainWindow.setWindowTitle(_translate("MainWindow", "MainWindow"))
        self.label.setText(_translate("MainWindow", "TESIS 2023"))

if __name__ == "__main__":
    import sys
    app = QtWidgets.QApplication(sys.argv)
    MainWindow = QtWidgets.QMainWindow()
    ui = Ui_MainWindow()
    ui.setupUi(MainWindow)
    MainWindow.show()
    sys.exit(app.exec_())
```

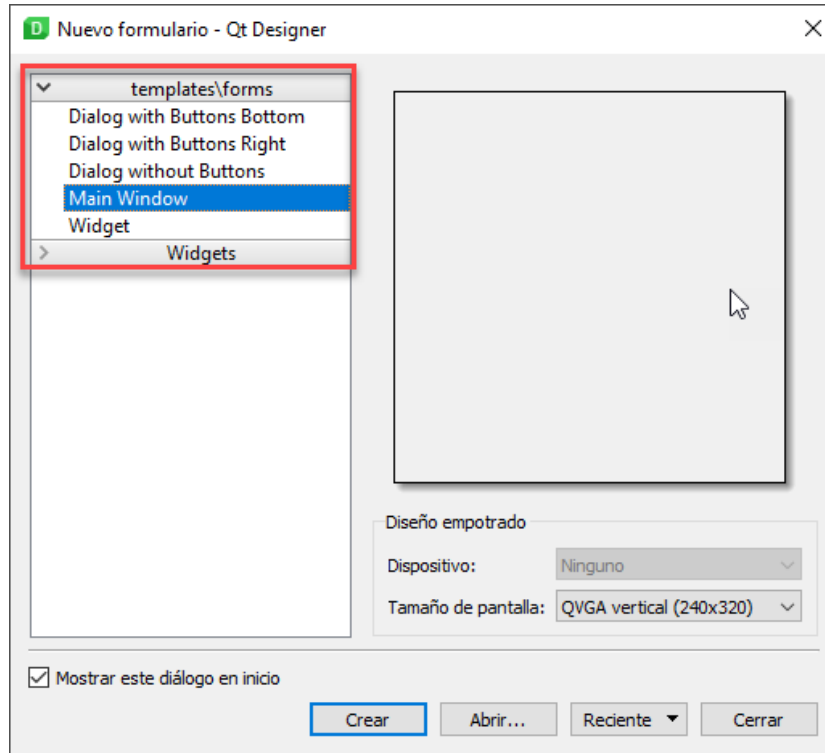
Fuente: Elaboración propia.

En primera instancia el código manual es mucho más sencillo y rápido de elaborar, pero en realidad el problema radica en la memorización de cada uno de los atributos para incorporar las distintas características que demanda un proyecto. Ambos códigos realizan la misma función “Crear una ventana y presentar una etiqueta” la diferencia es que el segundo está más completo sus atributos, pero por más que visualmente se mira más complejo fue creado en 1/3 de tiempo de lo que se elaboró el primero porque se generó automáticamente a partir de un archivo UI generado por Qt Designer.

2.9.1 Uso de Qt Designer para diseñar interfaz gráfico.

Anteriormente se mencionó el potencial de diseñar con Qt, en este apartado se abordará a detalle cada uno de su elemento, por tanto, tendremos:

Ilustración 6 Plantillas de Qt Designer



Fuente: Elaboración propia.

Cualquier aplicación gráfica deber un Widget (Considerándolo en su forma genérica) principal que contiene al resto de elementos. Qt Designer tiene opciones predefinidas para facilitar el usuario con su creación, presenta 5 plantillas, tres para dialogo (botones abajo, a la derecha y sin botones), una para una ventana principal y otra para un Widget.

- Un Widget se puede considerar como un elemento grafico que aparece en el interfaz, el que aparece en la plantilla es uno genérico de la clase QWidget.
- Un diálogo se componer de un objeto de la clase QDialog (Una subclase de QWidget) y opcionalmente una serie de botones para realizar acciones.
- Una ventana principal (Main Window) se compone de los siguientes elementos: Barra de menús, barra de estado, barra de herramientas y un widget principal central. Usa la clase QMainWindow, que es una clase de QWidget.

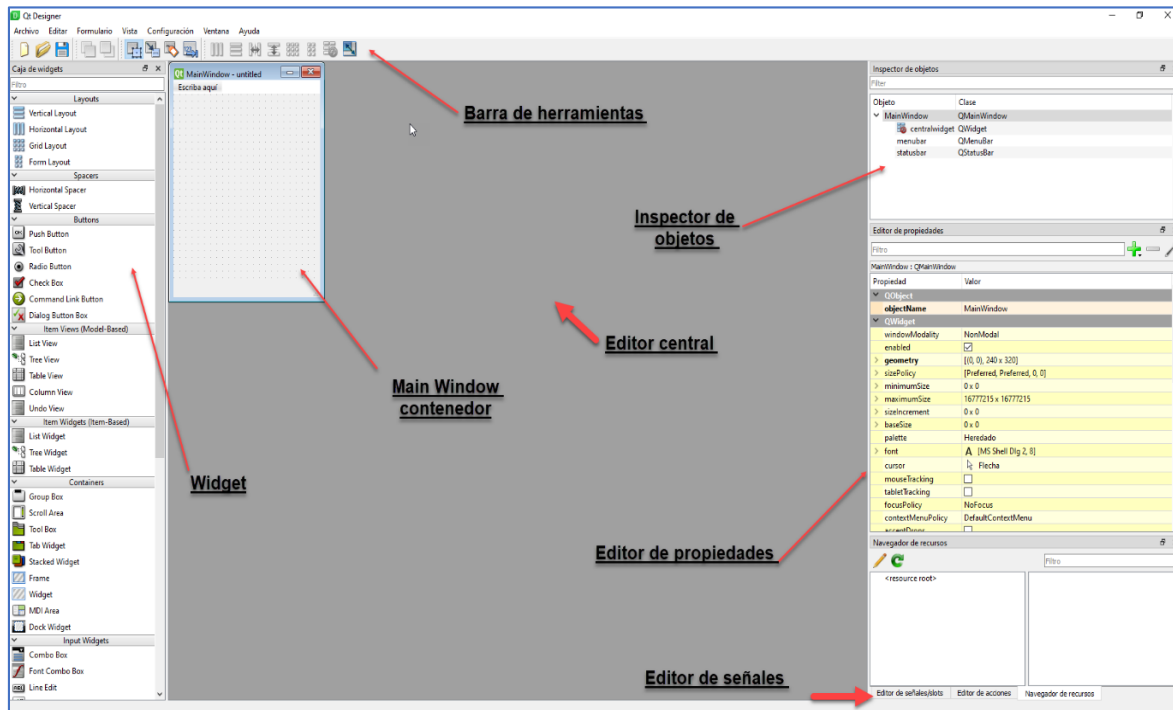
Además de las plantillas predeterminadas, tenemos una serie de herramientas facilitadas de manera gráfica para poder disponer y responder de acuerdo a las necesidades de nuestros proyectos.

Una aplicación grafica compleja puede constar de:

- Ventana principal, barra de menú, barra de herramientas y barra de estado.
- Multitud de Widget insertados en su Widget principal.
- Múltiples diálogos emergentes.

En esta primera aproximación queremos generar el código y por consiguiente la interfaz generada. Para ello seleccionaremos el Main Window predefinida teniendo algo muy similar a lo siguiente:

Ilustración 7 Interfaz de Qt Designer



Fuente: Elaboración propia.

Haremos un breve repaso de qué es y para qué sirven cada uno de estos elementos:

- Barra de herramientas: En ella se presentan opciones básicas de uso frecuente como guardar, abrir, nuevo, ajustar tamaño etc.
- Widget: Es una caja donde tenemos los distintos Widget divididos en grupos.
- Editor central: En el crearemos de forma gráfica la aplicación sobre la base de un elemento contenedor principal.
- Inspector de objetos: Nos indicara el orden de jerarquía de los objetos que hemos insertado en el contenedor central.
- Editor de propiedades: Podemos visualizar y modificar las propiedades de cada objeto insertado en el contenedor principal.
- Editor de señales: Nos indicará las pares señales/slot de nuestra aplicación creados desde QT Designer.

Una vez que se ha seleccionado el contenedor que será utilizado como base podemos arrastrar desde la caja de Widget los objetos que respondan a nuestras necesidades, en el ejemplo básico presentado en la ilustración 4 simplemente se arrastró una etiqueta y se modificó en el editor de propiedades su contenedor de texto.

Posteriormente guardaremos el archivo con el nombre de UI y el programa añadirá por defecto y de manera automática la extensión .ui. El fichero creado de esta manera es de tipo XML (Extensible Markup Language), que es un metalenguaje usado para almacenar datos e intercambiar información entre diferentes plataformas. En este archivo se almacenarán todo lo que respecta al diseño creado, pero no podremos usarlo en Python hasta que lo convirtamos a su extensión por defecto. Para ello bastará con guardar el archivo ui en la carpeta de trabajo y digitar el siguiente comando.

Ilustración 8, Ejemplo de guardar extensión

A screenshot of a terminal window with a dark background. The text displayed is a command: `pyuic5 -x nombre_archivo.ui -o nombre_archivo.py`. The text is in a light color, likely white or light blue, and is centered within the terminal area.

Fuente: Elaboración propia.

La herramienta Pyqt5 convertirá el archivo .py y lo guardará en la carpeta de trabajo.

2.9.2 Visual Studio Code

Visual Studio Code es un entorno de desarrollo integrado gratuito (IDE, por sus siglas en inglés) creado por Microsoft para desarrollar aplicaciones de software para Windows, así como para otras plataformas, como Android, iOS, Web y la nube.

Visual Studio incluye un conjunto de herramientas características altamente configurable para ayudar a los desarrolladores a escribir, depurar integradamente y mantener su código, así como para crear interfaces de usuario y diseñar bases de datos. También ofrece soporte para múltiples lenguajes de programación, incluidos c++, c, Visual Basic, Python, HTML, JavaScript y muchos más.

Una extensión en VS Code es un paquete de software que se puede instalar de manera gratuita en su gran mayoría y sencilla en el editor para agregar funcionalidades adicionales y personalizar el entorno de desarrollo según las necesidades del usuario. Las extensiones pueden agregar características como el soporte para diferentes lenguajes de programación, Herramientas de lectura, integraciones con servicios en la nube, mejoras en la productividad, temas visuales, lectura de documentos etc.

Estas extensiones son usualmente desarrolladas por los usuarios de la comunidad de Visual Studio Code. Empresas, organizaciones y también por el equipo de Microsoft. Estas extensiones representan una de las mayores ventajas de Visual Studio Code permitiendo mejorar el flujo de trabajo en sus usuarios según sus necesidades y sus preferencias.

2.9.3 Extensiones con visual studio code

Las extensiones más populares estarán orientadas en función del lenguaje que se esté utilizando en cada proyecto, algunas de las extensiones más populares para el uso de Python son:

- **Bracket Pair Colorizer:** Ayuda a visualizar los pares de corchetes y paréntesis en colores diferentes para facilitar la lectura del código.
- **Python:** Esta es la extensión oficial de Python desarrollada por Microsoft. Proporciona características como la finalización de código, el soporte de depuración, la linting, el formateo automático, la ejecución de código y la integración con entornos virtuales.
- **Anaconda Extensión Pack:** Es una extensión que proporciona un conjunto de herramientas para la ciencia de datos y el análisis de datos en Python. Incluye herramientas como Jupyter Notebooks, la extensión para Visual Studio Code de IntelliCode, el soporte de linting con pylint y el formateo.

- **Magic Python:** Proporciona una mejor experiencia al escribir código en Python en Visual Studio Code, con características como la finalización de código más precisa, el resaltado de la sintaxis mejorado y la identificación automática.
- **Live Server:** Proporciona un servidor web en tiempo real que permite la recarga automática del navegador al guardar los cambios en los archivos HTML, CSS Y JavaScript.

2.9.4 Entorno Virtual En Vs Code.

Un entorno virtual en VS Code es un ambiente aislado y autónomo de gran utilidad en los proyectos donde puedes instalar y administrar paquetes y dependencias de manera independiente de otros proyectos y del sistema en el que estás trabajando.

Los entornos virtuales son útiles porque te permiten tener diferentes versiones de librerías y paquetes para cada proyecto sin que haya conflicto entre ellos, lo que permite trabajar de manera eficiente en múltiples proyectos además de eliminar los posibles conflictos que podría generar una actualización con variantes significativas en nuestro proyecto ya realizado.

En VS Code, puedes crear y administración entornos virtuales utilizando extensiones como Python como se realizó en el presente trabajo, pero también se permite utilizar Node.js, Java, entre otros. Al crear un entorno virtual, se crea una carpeta en tu proyecto que contiene un intérprete de lenguaje y cualquier paquete adicional que necesites instalar. Puedes activar el entorno virtual para que VS Code use este entorno en lugar de intérprete de lenguaje global o del sistema operativo.

Siempre es recomendado como buena práctica desde un inicio establecer una carpeta de trabajo para el proyecto para posteriormente dentro de ella crear y activar el entorno virtual protegiendo tú trabajo.

La instalación de un entorno virtual en Python dependerá del lenguaje de programación que estemos utilizando en el proyecto. Puesto que trabajamos con Python a continuación se dará un ejemplo de cómo crear un entorno virtual para Python utilizando la extensión de Python en Visual Studio Code:

- Instala la extensión de Python en VS Code. Para hacerlo, abre VS Code y haz clic en el botón de extensiones (icono de cubos) en la barra lateral izquierda. Busca “Python” y haz clic en “instalar”.
- Abre tu proyecto en VS Code. Si ya tienes un archivo de requerimientos (requirements.txt) que enumera las dependencias de tu proyecto, ábrelo en VS Code.
- Abre una nueva terminal en VS Code. Puedes hacerlo presionando la combinación de teclas Ctrl+Shift+ñ (Windows y Linux) o Cmd+Shift+I (Mac).
- En la terminal, ingresa el siguiente comando para proceder a la instalación de la paquetería correspondiente.

Ilustración 9, Comando de instalación de Entorno

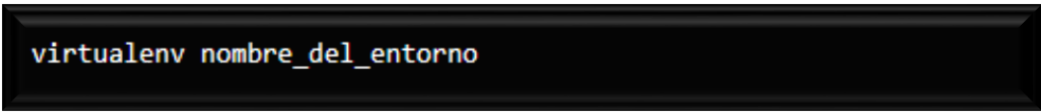


```
pip install virtualenv
```

Fuente: Elaboración propia.

- Una vez que se haya instalado “virtualenv”, ingrese el siguiente comando para crear un nuevo entorno virtual:

Ilustración 10, Comando de creación de Entorno



```
virtualenv nombre_del_entorno
```

Fuente: Elaboración propia

- Activa el entorno virtual con el siguiente comando:

Ilustración 11, Comando de activación de Entorno

```
nombre_del_entorno\Scripts\activate
```

Fuente: Elaboración propia.

- En este caso el nombre del entorno es el nombre que le diste al entorno virtual en el paso anterior y Scripts representa una de las carpetas que se genera con la creación del entorno virtual.

Una vez que hayas activado el entorno virtual, puedes instalar las dependencias de tu proyecto utilizando el archivo “requirements.txt” o utilizando el comando “pip install”.

2.9.5 Paquete de dependencias en proyectos “requirements.txt”

Un archivo requirements.txt. especifica todas las dependencias necesarias para la realización de X proyecto determinado. Cada línea del archivo especifica el nombre de la dependencia o librería, pero también es posible especificar la versión que deseamos instalar, el formato utilizado es nombre de la dependencia separado por “==” y su respectiva versión de interés, por ejemplo:

Ilustración 12, Ejemplo de librerías

```
Flask==2.1.0  
requests==2.26.0  
numpy==1.21.2  
pandas==1.3.3
```

Fuente: Elaboración propia.

Esta representación de archivo especifica las dependencias necesarias para un proyecto que utiliza Flask, Request, Numpy y Pandas. Cada línea del archivo especifica el nombre de la dependencia y su versión específica para cada dependencia, pero también es posible dejar el número de versión fuera o utilizar operadores de comparación para especificar un rango de versiones.

La importancia de que las dependencias estén especificadas en un “requirements.txt” para que otras personas puedan instalarlas fácilmente al momento de compartir tu trabajo y pueden ejecutarlo sin problemas de compatibilidad de versiones.

Para instalar las dependencias en cada proyecto puedes hacerlo desde cualquier editor de notas y luego trasladarlo a la carpeta de trabajo, daremos el ejemplo de cómo recomendamos hacerlo según nuestro proyecto:

1. Abre una terminal dentro de VS Code.
2. Asegúrate de que la terminal se encuentre en la ubicación correcta donde se encuentra el archivo “requirements.txt” si no estás seguro de la ubicación, puedes escribir el comando “ls” (en sistemas Unix) o “dir” (en sistemas Windows) para listar los archivos y directorios en la ubicación actual.
3. Ejecuta el siguiente comando en la terminal para instalar las dependencias específicas en el archivo “requirements.txt”.

Ilustración 13, Comando de instalación de requerimientos

```
pip install -r requirements.txt
```

Fuente: Elaboración propia.

Este comando permitirá la instalación de todas las dependencias listadas en el archivo “requirements.txt”.

A continuación, se presentarán las dependencias utilizadas en la creación del programa:

- **Numpy:** Es una librería para Python comúnmente utilizada para trabajar con matrices y vectores. Es muy popular en proyectos de análisis de datos, memorias de cálculo y tendencia en machine learning.
- **Matplotlib:** Es una librería para la visualización de datos en Python. Se utiliza para la creación de gráficos y visualizaciones de datos en el proyecto científicos y de análisis de datos.

Proporciona una amplia variedad de herramientas para la visualización de datos en diferentes tipos de gráficos, como líneas, barras, histogramas, gráficos de dispersión, gráficos de torta y muchos más. Matplotlib es compatible con una gran cantidad de formas de archivos incluyendo PNG, PDF, EPS, SVG y otros, lo que facilita la exportación de gráficos a diferentes medios y con diferente calidad según el uso definitivo.

- **PyQT5:** Es una biblioteca de enlaces de Python para la herramienta de desarrollo de aplicaciones de escritorio Qt utilizada por desarrolladores principiantes hasta expertos en la materia. PyQt5 permite a los desarrolladores de Python crear aplicaciones de escritorio avanzadas con una interfaz gráfica de usuario (GUI) por sus siglas en inglés, de manera atractiva e intuitiva.

Qt es un conjunto de herramientas de desarrollo de software utilizado para crear aplicaciones de escritorio, pero también permite el desarrollo de app para móviles en múltiples plataformas, incluyendo Windows, macOS, Linux y Android. PyQt5 es una biblioteca que permite a los desarrolladores acceder a las herramientas y widgets de Qt desde Python.

Entre las características más destacadas encontraremos:

- Interfaz gráfica de usuario atractiva y personalizable.
- Soporte para múltiples plataformas.
- Integración de múltiples bibliotecas.
- Amplia gama de Widgets (Botones, cajas de texto, menús, barra de herramientas y tablas).
- Capacidad avanzada de gráficos y animación.
- **Sys:** Es una Biblioteca estándar para Python que proporciona acceso a algunas variables y funciones específicas del intérprete Python. La Biblioteca “Sys” está disponible de forma predeterminada en cualquier instalación de Python siendo una de las bibliotecas más utilizadas y es común encontrarla en cualquier código avanzado de Python, por lo que no es necesario instalarlo por separado.

Entre las funcionalidades destacadas que proporciona tenemos:

- Manejo de argumentos de línea de comando.
- Acceso a variables del intérprete, como “Sys.path”.
- Salida estándar y manejo de errores.
- Manipulación de la configuración del intérprete.
- Operaciones del sistema operativo, como el cierre del programa o el acceso al tamaño de la memoria.
- **Match:** Es una Biblioteca o modulo estándar de Python que proporciona funciones matemáticas para realizar operaciones matemáticas comunes, como operaciones aritméticas básicas, funciones trigonométricas, funciones exponenciales y logarítmicas y funciones de redondeo.
- **Platform:** Es un módulo en la Biblioteca estándar de Python que proporciona una forma de acceder a información específica del sistema operativo y la plataforma en la que se está ejecutando Python.

Capítulo III: Proceso computacional: Desarrollo de software “Concrete +”

3.1 Entrada y análisis de datos.

En el desarrollo de un software es de vital importancia identificar como primera etapa las necesidades del usuario (análisis y recolección de variables), delimitar los objetivos del software e idealizar las funcionalidades requeridas.

Por lo antes mencionado resultó indispensable realizar cálculos manuales que sirvieron de prueba para determinar las variables necesarias del proceso computacional permitiendo identificar el tipo de variables (Float,String,Int,list,bool,etc.). Para posteriormente crear los algoritmos correspondientes.

3.2 Procesamiento

3.2.1 Algoritmo de diseño de Mezcla.

A continuación, se desarrollará el paso a paso del algoritmo diseñado para la elaboración del diseño de mezcla:

```
from fractions import Fraction
import numpy as np
import matplotlib as mlt
from PyQt5 import QtWidgets
from scipy.interpolate import interp1d
```

En las primeras líneas de código se importan las librerías necesarias para la correcta funcionalidad del programa, es importante señalar que la dependencia correspondiente a PyQt5 es utilizada únicamente para la parte gráfica y el algoritmo funcionaria a la perfección si es corrido en un simple lector de código.

```
def calculo_mezcla(rs, tmn1,
rv,dnsc,ai,nvex,pvssf,pvscf,dnsf,absf,hmdf,fn,pvssg,pvscg,dnsg,absg,hmdg):

# ---- Variables de entrada de la función.-----
resistencia=float(rs)
tmn=tmn1
revenimiento=float(rv)
densidadcimento=float(dnsc)
aireincorporado=str(ai)
niveldeexposicion=str(nvex)
pvssfino=float(pvssf)
pvscfino=float(pvscf)
densidadfino=float(dnsf)
absorcionfino=float(absf)
humedadfino=float(hmdf)
finura=float(fn)
pvssgrueso=float(pvssg)
pvscgrueso=float(pvscg)
densidadgrueso=float(dnsg)
sorciongrueso=float(absg)
humedadgrueso=float(hmdg)
```

Se trabajó el algoritmo creando una función variádica definida “Calculo_mezcla” la cual tendrá la competencia de recepcionar múltiples variables y a su vez múltiples salidas. Posteriormente se igualó por comodidad las variables requeridas por la función a una nueva variable con un nombre distinguido para contribuir y facilitar el entendimiento del lector.

```
#---Calculo de Resistencia a la compresión requerida---  
resistenciadiseño=float
```

```
if resistencia<210:  
    resistenciadiseño=resistencia+70  
  
elif 210<=resistencia<=350:  
    resistenciadiseño=resistencia+84  
  
elif resistencia>350:  
    resistenciadiseño=(1.10*resistencia)+50  
resistenciadiseño=round(resistenciadiseño,2)
```

Se utilizaron condicionales “if-elif” para poder calcular la resistencia de diseño a la compresión según la resistencia requerida por el usuario. La estructura de control “if-elif” permite evaluar múltiples condiciones y ejecutar diferentes bloques de código según la primera condición que se cumpla. Si la condición de “if” se cumple, se ejecuta el bloque de código correspondiente y luego el programa sale de la estructura. Si la condición no se cumple, se pasa a la siguiente condición en el bloque “elif” y si esa condición se cumple se ejecuta su bloque de código correspondiente.

```
airereal=float
```

```
if tmn=="3/8" and aireincorporado=="NO":  
    airereal=3.0  
    tmn2=3/8  
elif tmn=="1/2" and aireincorporado=="NO":
```

```

    airereal=2.5
    tmn2=1/2
elif tmn=="3/4" and aireincorporado=="NO":
    airereal=2.0
    tmn2=3/4
elif tmn=="1" and aireincorporado=="NO":
    airereal=1.5
    tmn2=1
elif tmn=="1 1/2" and aireincorporado=="NO":
    airereal=1.0
    tmn2=1.5
elif tmn=="2" and aireincorporado=="NO":
    airereal=0.5
    tmn2=2
elif tmn=="3" and aireincorporado=="NO":
    airereal=0.3
    tmn2=3
elif tmn=="6" and aireincorporado=="NO":
    airereal=0.2
    tmn2=6

```

Para la determinación del cálculo del aire real se utilizó nuevamente la estructura de control “if-elif” tomando como parámetro el tamaño máximo nominal y la condición del aire incorporado que son valores proporcionados por el usuario.

De manera análoga se calculó el aire real en la mezcla bajo una condición positiva de aire incorporado, lo cual establece un parámetro adicional para la estructura de control que se subdivide en nivel de exposición bajo, medio y alto.

```

# Cálculo del aire real bajo la condicion del aire incorporado
elif tmn=="3/8" and aireincorporado=="SI" and niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=4.5
    tmn2=3/8
elif tmn=="1/2" and aireincorporado=="SI" and niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=4.0

```

```

        tmn2=1/2
elif tmn=="3/4" and aireincorporado=="SI" and niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=3.5
    tmn2=3/4
elif tmn==1 and aireincorporado=="SI" and niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=3.0
    tmn2=1
    elif tmn=="1 1/2" and aireincorporado=="SI" and
niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=2.5
    tmn2=1.5
elif tmn=="2" and aireincorporado=="SI" and niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=2.0
    tmn2=2
elif tmn=="3" and aireincorporado=="SI" and niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=1.5
    tmn2=3
elif tmn=="6" and aireincorporado=="SI" and niveldeexposicion=="Bajo":
    airereal=1
    tmn2=6

```

A continuación, se realizó el cálculo de la relación a/c teniendo:

```

if aireincorporado=="NO":
    x=[450,400,350,300,250,200,150]
    y=[0.38,0.43,0.48,0.55,0.62,0.70,0.80]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valuec=f(resistenciadiseño)

elif aireincorporado=="SI":
    x=[350,300,250,200,150]
    y=[0.40,0.45,0.53,0.61,0.71]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valuec=f(resistenciadiseño)
print("Relacion a/c recomendada:",interp_valuec)

```

Para estructurar esta parte del código se utilizaron condicionales que incorporada la variable dependiente siendo el aire incorporado, se interpoló en base a la resistencia de diseño requerida haciendo uso de la función “`interp1d`” proporcionada por la librería “`scipy.interpolate`”. La función print fue incorporada como metodología de control para poder imprimir y corroborar la correcta funcionalidad del bloque de código.

Posteriormente, se realiza el cálculo del peso del agua para el cual tenemos:

```
#CALCULO DEL PESO DEL AGUA -----
```

```
if 1<=revenimiento<=2 and aireincorporado=="NO":
    x=[0.375,0.5,0.75,1,1.5,2,3,6]
    y=[207,199,190,179,166,154,130,113]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valuea=f(tmn2)
elif 3<=revenimiento<=4 and aireincorporado=="NO":
    x=[0.375,0.5,0.75,1,1.5,2,3,6]
    y=[228,216,205,193,181,169,145,124]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valuea=f(tmn2)
elif 6<=revenimiento<=7 and aireincorporado=="NO":
    x=[0.375,0.5,0.75,1,1.5,2,3]
    y=[243,228,216,202,190,178,160]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valuea=f(tmn2)
if 1<=revenimiento<=2 and aireincorporado=="SI":
    x=[0.375,0.5,0.75,1,1.5,2,3,6]
    y=[181,175,168,160,150,142,122,107]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valuea=f(tmn2)
elif 3<=revenimiento<=4 and aireincorporado=="SI":
    x=[0.375,0.5,0.75,1,1.5,2,3,6]
    y=[202,193,184,175,165,157,133,119]
```

```

        f=interp1d(x,y)
        interp_valuea=f(tmn2)
    elif 6<=revenimiento<=7 and aireincorporado=="SI":
        x=[0.375,0.5,0.75,1,1.5,2,3]
        y=[216,205,197,184,174,166,154]
        f=interp1d(x,y)
        interp_valuea=f(tmn2)
    elif revenimiento>7 :
        print("ACI 211 no establece cantidades de agua para revenimientos
mayores a 7in")
        print("Contenido de agua:",np.round(interp_valuea))

```

El ACI 211 no establece cantidades de agua para revenimientos mayores a 7 pulgadas, entonces, se crearon intervalos bajo estructuras condicionales con la capacidad de evaluar el valor del revenimiento deseado por el usuario y la condición de aire incorporado, permitiendo interpolar el valor requerido con la función de la librería antes señalada.

A continuación, se calcula el peso del cemento que es igual al cociente de los valores interpolados previamente y se calcula el volumen de agregado grueso bajo bloques de códigos con condicionales.

```

#Calculo del peso cemento -----
PesodeCemento=interp_valuea/interp_valuec

#Calculo Volumen de Agregado Grueso-----
if tmn=="3/8":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.50,0.48,0.46,0.44]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valuegg=f(finura)

elif tmn=="1/2":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.59,0.57,0.55,0.53]

```

```

        f=interp1d(x,y)
        interp_valueegg=f(finura)
elif tmn=="3/4":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.66,0.64,0.62,0.60]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valueegg=f(finura)
elif tmn=="1":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.71,0.69,0.67,0.65]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valueegg=f(finura)
elif tmn=="1 1/2":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.75,0.73,0.71,0.69]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valueegg=f(finura)
elif tmn=="2":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.78,0.76,0.74,0.72]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valueegg=f(finura)
elif tmn=="3":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.82,0.80,0.78,0.76]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valueegg=f(finura)
elif tmn=="6":
    x=[2.40,2.60,2.80,3]
    y=[0.87,0.85,0.83,0.81]
    f=interp1d(x,y)
    interp_valueegg=f(finura)

```

Seguidamente se realizan los cálculos correspondientes al peso del agregado grueso y fino respectivamente, cantidad de cemento y las correcciones por humedad de los agregados según lo establecido por la norma.

```
#----Cálculo de peso del Agregado grueso-----
pesoagggrueso=interp_valuegg*pvscgrueso
print("Peso del Agregado Grueso:",round(pesoagggrueso))

#----Cálculo de cantidad de agregado fino-----
volcemento=PesodeCemento/densidadcemento
volagg=pesoagggrueso/densidadgrueso
volaire=(airereal/100)*1000

volumenaggfino=1000-volcemento-volagg-volaire-interp_valuea
print("Volumen agregado fino:",round(volumenaggfino))

#Calculo del peso del cemento-----
pesoaggfino=densidadfino*volumenaggfino
print("Peso del Agregado Fino:",round(pesoaggfino))

#CORRECCIONES DE HUMEDAD Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
pesorealaguahum=((pesoaggfino*humedadfino)/100)
+((pesoagggrueso*humedadgrueso)/100)

pesorealaguaabs=((pesoaggfino*absorcionfino)/100)+
((pesoagggrueso*absorciongrueso)/100)

pesorealagua=interp_valuea-pesorealaguahum+pesorealaguaabs
pesorealaggfino=(pesoaggfino+((pesoaggfino*humedadfino)/100)
-((pesoaggfino*absorcionfino)/100))

pesorealagggrueso=(pesoagggrueso+((pesoagggrueso*humedadgrueso)/100)
-((pesoagggrueso*absorciongrueso)/100))
```

```

rac=pesorealagua/PesodeCemento
rga=pesorealagggrueso/pesorealaggfino
rarc=pesorealaggfino/PesodeCemento

```

Finalmente se establecen las variables de salida de la función.

```

return(resistenciadiseño,airereal,interp_valuec,interp_valuea,
PesodeCemento,interp_valuegg, pesoagggrueso,volumenaggfino,
pesoaggfino,PesodeCemento,pesorealagua,pesorealagggrueso,pesorealaggfino,rac
,
rga,rarc)

```

Es importante mantener la correcta indentación dentro de cada código, por motivos de presentación y mayor comprensión al lector en este documento se han eliminado ciertos identados que es necesario mencionar.

3.2.2 Algoritmo de granulometría para agregados finos.

Seguidamente, se desarrollará el paso a paso del algoritmo diseñado para la elaboración de los cálculos correspondiente a los agregados finos y su granulometría:

Se trabajó de la misma manera que para el diseño de mezcla, es decir, creando una función de múltiples variables que permitirá ser llamada las veces que sea necesario en cualquier ventana del código.

En las primeras líneas de código se importan las librerías necesarias para dicha función.

```

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

```

Se define la función a la cual se le llamó “granulometriafino” la cual tendrá por entrada el peso de cada tamiz según se establece en la tabla 1 “Grading Requirement For fine Aggregate” de la norma ASTM C33. En la siguiente línea se crea la figura para poder representar el grafico con sus respectivas dimensiones. Es importante notar que a continuación las variables requeridas por la función se igualan a una nueva variable, esto ocurre únicamente por la necesidad de hacer de una manera más legible y compresible el código para el lector.

```
def granulometriafino(tm3, tm4, tm8, tm16, tm30, tm50, tm100, tm200):
```

```
    fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 4))
```

```
    TAMIZ3=tm3
```

```
    TAMIZ4=tm4
```

```
    TAMIZ8=tm8
```

```
    TAMIZ16=tm16
```

```
    TAMIZ30=tm30
```

```
    TAMIZ50=tm50
```

```
    TAMIZ100=tm100
```

```
    TAMIZ200=tm200
```

A continuación, se inician con los cálculos del peso total suministrado en los tamices y el peso retenido de cada uno de ellos.

```
    #CALCULOS
```

```
    PESO_TOTAL=TAMIZ3+TAMIZ4+TAMIZ8+TAMIZ16+TAMIZ30+TAMIZ50+TAMIZ100+TAMIZ200
```

```
    RET3=(TAMIZ3/PESO_TOTAL)*100
```

```
    RET4=(TAMIZ4/PESO_TOTAL)*100
```

```
    RET8=(TAMIZ8/PESO_TOTAL)*100
```

```
    RET16=(TAMIZ16/PESO_TOTAL)*100
```

```
    RET30=(TAMIZ30/PESO_TOTAL)*100
```

```
    RET50=(TAMIZ50/PESO_TOTAL)*100
```

```
    RET100=(TAMIZ100/PESO_TOTAL)*100
```

$$RET_{200} = (TAMIZ_{200} / PESO_TOTAL) * 100$$

Nótese el cálculo del peso acumulado para cada tamiz

$$\begin{aligned} RET_ACOMULADO0 &= RET3 \\ RET_ACOMULADO1 &= RET4 + RET_ACOMULADO0 \\ RET_ACOMULADO2 &= RET_ACOMULADO1 + RET8 \\ RET_ACOMULADO3 &= RET_ACOMULADO2 + RET16 \\ RET_ACOMULADO4 &= RET_ACOMULADO3 + RET30 \\ RET_ACOMULADO5 &= RET_ACOMULADO4 + RET50 \\ RET_ACOMULADO6 &= RET_ACOMULADO5 + RET100 \\ RET_ACOMULADO7 &= RET_ACOMULADO6 + RET200 \end{aligned}$$

A continuación, se calcula el retenido acumulado total para calcular el módulo de finura y se establece los pasantes para cada tamiz

$$RET_ACOMULADO_TOTAL = RET_ACOMULADO0 + RET_ACOMULADO1 + RET_ACOMULADO2 + RET_ACOMULADO3 + RET_ACOMULADO4 + RET_ACOMULADO5 + RET_ACOMULADO6$$

$$\begin{aligned} PASANTE0 &= 100 - RET_ACOMULADO0 \\ PASANTE1 &= 100 - RET_ACOMULADO1 \\ PASANTE2 &= 100 - RET_ACOMULADO2 \\ PASANTE3 &= 100 - RET_ACOMULADO3 \\ PASANTE4 &= 100 - RET_ACOMULADO4 \\ PASANTE5 &= 100 - RET_ACOMULADO5 \\ PASANTE6 &= 100 - RET_ACOMULADO6 \\ PASANTE7 &= 100 - RET_ACOMULADO7 \end{aligned}$$

$$MF = RET_ACOMULADO_TOTAL / 100$$

Luego se estableció una estructura de control con condicionales para establecer el mensaje que se proporcionará al usuario basado en los resultados obtenidos por el módulo de finura

```
if(MF<2):
    MFMSGG ="La arena es considerada como FINA, se recomienda el uso
adecuado entre 2 y 3"
else:
    if(MF>3):
        MFMSGG ="La arena es considerada como GRUESA, se recomienda
el uso de adecuado entre 2 y 3"
    else:
        MFMSGG="La arena tiene granulometria adecuada"
```

Mas tarde, se definen el valor de las ordenadas y abscisas para las curvas que marcarán los límites permisibles las “x” representan el tamaño de los tamices en mm y las “y” porcentaje que pasa.

Las variables con el sufijo 3 representan los datos obtenidos según los datos suministrados por el usuario.

```
x=[0.075,0.15,0.3,0.6,1.18,2.36,4.75,9.5]
y=[3,10,30,60,85,100,100,100]

x2=[0.075,0.15,0.3,0.6,1.18,2.36,4.75,9.5]
y2=[0,0,5,25,50,80,95,100]

x3=[0.075,0.15,0.3,0.6,1.18,2.36,4.75,9.5]
y3=[PASANTE7,PASANTE6,PASANTE5,PASANTE4,PASANTE3,PASANTE2,PASANTE1,PASA
NTE0]
```

Finalmente se crea el gráfico haciendo uso de la librería de Matplotlib y se establecen los atributos necesarios como las etiquetas de las abscisas y ordenadas, título del gráfico, tipo de línea, color de línea, intervalo máximo y se guarda la figura en una ruta definida.

```
x_max_step = 2

ax.set_xticks(np.arange(0, max(x2)+1, x_max_step))
ax.plot(x,y,x2,y2,linestyle='solid',color="red",label="Limites ASTM
C33")
ax.plot(x3,y3,linestyle='dashed',label="GRANOLUMETRIA DE ESTUDIO")

plt.title("CURVA GRANOLUMETRICA SEGÚN ASTM C33")
plt.legend(loc='lower right')
plt.xlabel("Tamaño de tamiz (mm)")
plt.ylabel("Porcentaje de pasante")
plt.savefig(".\image\grafico.png")

return(MF,MFMSGG)
#plt.show()
```

Es importante señalar que la función retorna dos variables, el módulo de finura y el mensaje de su interpretación. La imagen únicamente se guardará en la ruta indicada para permitir presentarla con una carga menor y sin ser manipulable por el usuario.

3.2.3 Algoritmo de granulometría para agregados gruesos.

Primeras líneas de código la importación de las librerías requeridas.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from PyQt5 import QtWidgets
```

Seguidamente se define la función que se nombró “gr_gruesa”, se importan las propiedades de la ventana además se crea la figura que contendrá la gráfica con su tamaño en específico.

Nótese que la granulometría de los tamices representa las variables de entradas y que presentan un índice para recorrer los valores de la lista proporcionada por el usuario.

La variable elección almacenará el valor del tamaño de la granulometría a analizar según la tabla 3 de la norma ASTM C33/C33M

```
def gr_gruesa(tamiz):
    from propiedades_agregados import Ui_MainWindow
    ventana = QtWidgets.QMainWindow()
    ui = Ui_MainWindow()
    ui.setupUi(ventana)

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(16, 4))

    tamiz_1=tamiz[0]
    tamiz_2=tamiz[1]
    tamiz_3=tamiz[2]
    tamiz_4=tamiz[3]
    tamiz_5=tamiz[4]
    tamiz_6=tamiz[5]

    eleccion=int(ui.cbo_granulometria.currentText())
```

Se creó una estructura de código simple bajo condicionales anidados con “If” donde se in el cálculo para cada tamaño de tamiz correspondiente para cada valor posible ver (Tabla 3 ASTM C33/C33M) de la variable elección.

En el presente documento se presentará el código correspondiente al tamaño número uno dado que resulta análogo el resto del mismo.

Primeramente, se crea el condicional y después se trasladan el valor de las variables introducidas al correspondiente tamaño de tamiz, esto se realizó para felicitar la estructura del código y realizar de manera más funcional los “If “

```
if(eleccion==1):  
    TAMIZ4IN=float(tamiz_1)  
    TAMIZ90MM=float(tamiz_2)  
    TAMIZ63MM=float(tamiz_3)  
    TAMIZ37_5MM=float(tamiz_4)  
    TAMIZ19=float(tamiz_5)
```

A continuación, se realizan los cálculos aritméticos correspondientes

```
#CALCULOS  
PESO_TOTAL=TAMIZ4IN+TAMIZ90MM+TAMIZ63MM+TAMIZ37_5MM+TAMIZ19  
RET4IN=(TAMIZ4IN/PESO_TOTAL)*100  
RET90MM=(TAMIZ90MM/PESO_TOTAL)*100  
RET63MM=(TAMIZ63MM/PESO_TOTAL)*100  
RET37_5MM=(TAMIZ37_5MM/PESO_TOTAL)*100  
RET19=(TAMIZ19/PESO_TOTAL)*100  
#RETENIDOS ACOMULADO  
RET_ACOMULADO1=RET4IN  
RET_ACOMULADO2=RET_ACOMULADO1+RET90MM  
RET_ACOMULADO3=RET_ACOMULADO2+RET63MM  
RET_ACOMULADO4=RET_ACOMULADO3+RET37_5MM  
RET_ACOMULADO5=RET_ACOMULADO4+RET19
```

```
RET_ACOMULADO_TOTAL=RET_ACOMULADO5
```

```
PASANTE1=100-RET_ACOMULADO1
```

```
PASANTE2=100-RET_ACOMULADO2
```

```
PASANTE3=100-RET_ACOMULADO3
```

```
PASANTE4=100-RET_ACOMULADO4
```

```
PASANTE5=100-RET_ACOMULADO5
```

Véase que los límites de la gráfica son elaborados de manera análoga a los del agregado fino, donde los valores en el vector Y_3 representan los resultados del código.

```
#LIMITES SEGUN NORMA ASTM C33
```

```
x=[19,37.5,63,90,100]
```

```
y=[0,0,25,90,100]
```

```
x2=[19,37.5,63,90,100]
```

```
y2=[5,15,60,100,100]
```

```
x3=x
```

```
y3=[PASANTE5,PASANTE4,PASANTE3,PASANTE2,PASANTE1]
```

Finalmente se crean los atributos del grafico como: Intervalos de las abscisa y ordenadas, estilo de línea, color de línea, título del texto, leyendas. Etiquetas del gráfico y se guarda en la ruta (“\image\grafico_grueso.png”) para ser presentado posteriormente.

```
x_max_step = 2
```

```
ax.set_xticks(np.arange(0, max(x2)+1, x_max_step))
```

```
ax.plot(x,y,x2,y2,linestyle='solid',color="red",
```

```
label="Limites ASTM C33",marker=".")
```

```
ax.plot(x3,y3,linestyle='dashed',label="GRANOLUMETRIA DE ESTUDIO")
```

```
plt.title("CURVA GRANOLUMETRICA SEGÚN ASTM C33")
```

```
plt.legend(loc='lower right')
```

```
plt.xlabel("Tamaño de tamiz (mm)")
```

```
plt.ylabel("Porcentaje de pasante")
```

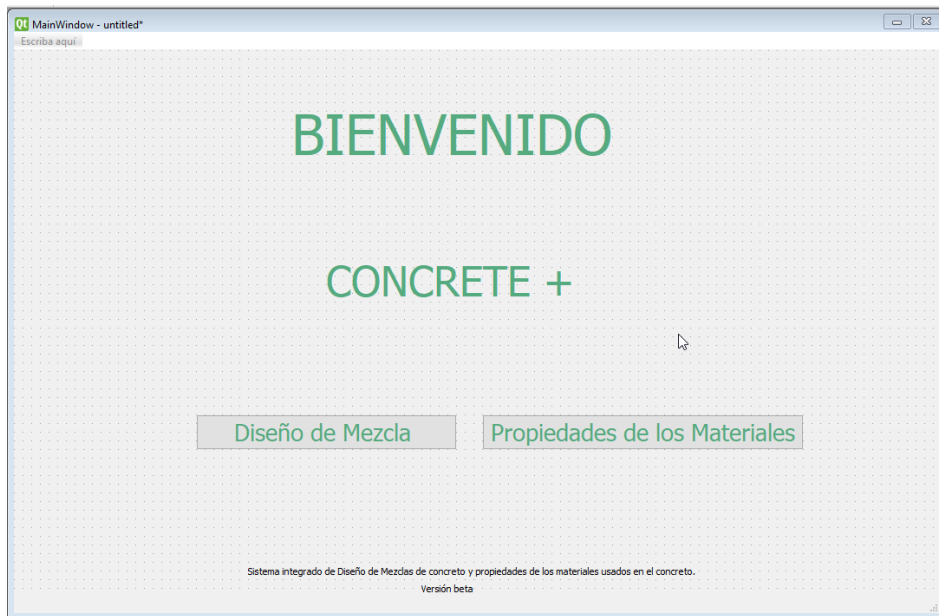
```
plt.savefig(".\image\grafico_grueso.png")
```

Una vez se logró cumplir con la primera etapa se procedió a realizar el diseño que cuenta con la creación de una estructura lógica y funcional de un diseño conceptual para el software. Aquí se creó la interfaz gráfica del usuario, que se dividió en múltiples ventanas para poder hacer uso de QtDesigner.

La primera ventana (véase Ilustración 14) fue denominada “Ventana principal” la cual está compuesta por un mensaje de bienvenida y el nombre del programa “Concrete +”, los cuales fueron creados a través de *labels* y dos *push bottoms* que forman parte de la estructura lógica que te redirigen a sus funcionalidades “Diseño de Mezcla y Propiedades de los agregados”, posteriormente será enlazado con las diferentes ventanas y con su algoritmo correspondiente.

A continuación, se presenta:

Ilustración 14 Creación de ventana principal en QtDesigner.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez creada la ventana se guarda el archivo con extensión “.ui” el cual será convertido a un archivo “.py” para poder manipular los atributos y asignar funcionalidad. A continuación, se trabajó en la ventana de “Diseño de Mezclas” donde el usuario podrá introducir los valores que tomarán las variables del algoritmo para realizar los cálculos según los requerimientos especificado y condiciones bajo las que será realizada la mezcla.

Esta ventana fue construida usando *labels* que permitirán al usuario introducir el valor correspondiente en cada campo editable, *Line Edits* siendo utilizados para facilitar al usuario introducir el valor de la variable en las unidades de medida especificadas, *Text Edit* para presentar ciertas consideraciones especificadas en el ACI 211.1-91 para el uso correcto del software, *QcomboBox* se utilizó para el revenimiento del concreto, con él se generó una lista desplegable con datos previamente validados y limitados con un valor máximo de hasta 7 pulgadas según el ACI 211.2-91 y tres *Push Bottom* que tendrán como funcionalidad (1) INICIO: sirve para enlazar con la ventana principal, generar el diseño (2) DISEÑAR: presenta la ventana de resultados y limpia los valores para un nuevo diseño y (3) NUEVO DISEÑO:

Ilustración 15, Ventana de Diseño de Mezcla.

MainWindow - DISEÑO_MEZCLA.ui*
Escriba aquí

GENERALIDADES DEL CONCRETO

Resistencia a la compresión (kg/cm²) **COMENZAR**

Revenimiento (in)

Densidad del cemento (g/cm³)

Aire incorporado

Nivel de exposición

Tamaño máximo nominal (AG)

• Método de diseño Basado en el Manual ACI 211.1-91.
• Cálculo sin desviación estándar previa.
• ACI 211.1-91 no contempla revenimientos mayores a 7 in.
• ACI 211.1-91 no contempla diseños de mezcla con un valor mayor a 3 correspondiente al módulo de finura.

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

Peso volumétrico seco suelto (Kg/cm³)

Peso volumétrico seco compacto (Kg/cm³)

Densidad del agregado (g/cm³)

% De Absorción

% De Humedad

Módulo de Finura

AGREGADO GRUESO

Peso volumétrico seco suelto (Kg/cm³)

Peso volumétrico seco compacto (Kg/cm³)

Densidad del agregado (g/cm³)

% De Absorción

% De Humedad

DISEÑAR **NUEVO DISEÑO**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentará la ventana diseñada para mostrar los resultados del diseño de mezcla.

Ilustración 16, Ventana de resultados de diseño de mezcla.

MainWindow - resul_mezcla.ui

La resistencia de disc		Contenido de agu		Peso del Agregado	
El contenido de aire en		Peso del Cemento		Volumen agregad	
Relacion a/c recomer		Volumen de Agregad		Peso del Agregado	

Material	Cantidad	U/M
Cantidades de Agregados para 1 m3 de concreto con correcciones de humedad y absorción		

Inicio | Mezcla

Fuente: Elaboración propia.

Tiene la capacidad de presentar valores de variables que fueron solicitadas al usuario, asimismo muestra los resultados de las variables calculadas por el algoritmo permitiendo una mayor comprensión de los resultados. Es importante señalar que además la tabla presenta las dosificaciones para 1m³ de mezcla de concreto.

Esta ventana está compuesta por los siguientes Widget: *Push Bottom*, *Line edit*, *Text edit*, *Table Widget*.

Posteriormente se diseñó la ventana orientada al cálculo de las propiedades de los materiales, esta ventana comprende la parte de los agregados finos y gruesos utilizados en un diseño de mezcla convencional.

Ilustración 17, Ventana de Propiedades de agregados 1/2.

The screenshot shows a software window titled "CONCRETE+ - Propiedades del Agregado - propiedades_agregados.ui". The window is divided into two main columns: "PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO" (Coarse Aggregate Properties) on the left and "PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO" (Fine Aggregate Properties) on the right. Each column contains three sections of input fields: "INGRESE DATOS PARA PVSS", "INGRESE DATOS PARA PVSC", and "INGRESE DATOS PARA % DE HUMEDAD".

Section	Property	Input Field
INGRESE DATOS PARA PVSS	Diametro del molde	
	Altura del molde	
	Peso del molde	
	Peso del molde mas la grava seca suelta	
INGRESE DATOS PARA PVSC	Diametro del molde	
	Altura del molde	
	Peso del molde	
	Peso del molde mas la grava seca compactada	
INGRESE DATOS PARA % DE HUMEDAD	Peso de la tara	

The same structure of input fields is repeated for the "PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO" column.

. Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18, Ventana de propiedades de los agregados 2/2

CONCRETE+ - Propiedades del Agregado - propiedades_agregados.ui*

Peso de la tara

Peso de la tara mas muestra humeda

Peso de la tara mas muestra seca

INGRESE DATOS PARA % DE ABSORCION

Peso en el aire de muestra seca sin peso del recipiente

Peso en el aire de muestra saturada con superficie seca sin peso del recipiente

Peso sumergido en agua de muestra saturada

INGRESE DATOS PARA MODULO DE FINURA

Elija el número de distribución granulométrica

Peso del tamiz Peso del tamiz

Peso del tamiz Peso del tamiz

Peso del tamiz Peso del tamiz

Calcular Grueso

Peso de la tara

Peso de la tara mas muestra humeda

Peso de la tara mas muestra seca

INGRESE DATOS PARA % DE ABSORCION

Peso el aire de muestra secada al horno

Peso del picnometro lleno de agua

Peso del picnometro con la muestra con agua hasta la marca de calibración

Peso de la muestra saturada y superficialmente seca

INGRESE DATOS PARA MODULO DE FINURA

Peso del tamiz 3/8 Peso del tamiz 30

Peso del tamiz 4 Peso del tamiz 50

Peso del tamiz 8 Peso del tamiz 100

Peso del tamiz 16 Peso del tamiz 200

Calcular Fino

Fuente: Elaboración propia.

El diseño se dividió de manera intuitiva para el usuario teniendo a la izquierda de su pantalla todos los datos requeridos para el cálculo del agregado fino y a la derecha los del agregado grueso, a continuación, se abordará la composición de los *Widget* que contemplan dicha ventana.

Todos los textos fueron creados por *labels* permitiendo indicar al usuario introducir el valor de la variable requerida, los campos editables están elaborados por *text edit* los cuales tomarán la variable siempre como *string* y en el algoritmo tendrá que ser convertido al tipo de variable que se requiera, se utilizó *Vertical Scroll Bar* para permitir al usuario deslizar hacia abajo o hacia arriba según se requiera y finalmente se utilizaron dos *Push Bottom* que tendrán como funcionalidad inicializar los algoritmos de cálculos y presentar la ventana de resultados.

Es importante mencionar que se generará un mensaje pidiendo haber ingresado todos campos para poder inicializar el algoritmo de cálculos.

Seguidamente se diseñaron las ventanas de resultados para el cálculo de las propiedades de los agregados. A pesar de que la ventana para introducir los valores aborda ambos tipos de agregados los resultados son presentados en diferentes ventanas.

A continuación, se abordarán las ventanas de resultados de agregado fino y grueso respectivamente.

Estas ventanas contienen dos tipos de Widget, *Labels* y *Text edit*. Permiten mostrar al usuario los valores de las variables obtenidas de los algoritmos de cálculos (*Output*), pero, además, muestran las gráficas según el tipo de granulometría especificada previamente según las necesidades del proyecto ajustada a sus límites correspondientes.

Es importante mencionar que la gráfica que aparecerá será generada por la librería de Matplotlib, posteriormente se convertirá y guardará en archivo de imagen para mostrarla sin opción a manipularse por el usuario.

Ilustración 19, Ventana de Resultados para agregado grueso.

CONCRETE+ - Resultado de Propiedades del Agregado - resul_propiedades_grueso.ui

AGREGADO GRUESO

PVSS % HUMEDAD TAMAÑO DEL TAMIZ

PVSC % ABSORCION PORCENTAJE DE PASANTE

[Large yellow area for graph]

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20, Ventana de Resultados para agregado fino

CONCRETE+ - Resultado de Propiedades del Agregado - resul_propiedades_fino.ui

AGREGADO FINO

PVSS % HUMEDAD MODULO DE FINURA

PVSC % ABSORCION

LA ARENA ES FINA O GRUESA, O PRESENTA GRANULAMIENTO ADECUADO

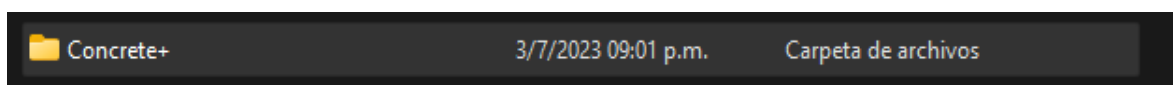
Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV: Propiedades de los agregados en software “Concrete +”

4.1 Interfaz Inicial

Para obtener las propiedades de los agregados mediante el software “Concrete +”, primeramente, se deberá instalar el programa en un pc, descargando la carpeta que contiene la información de instalación necesaria.

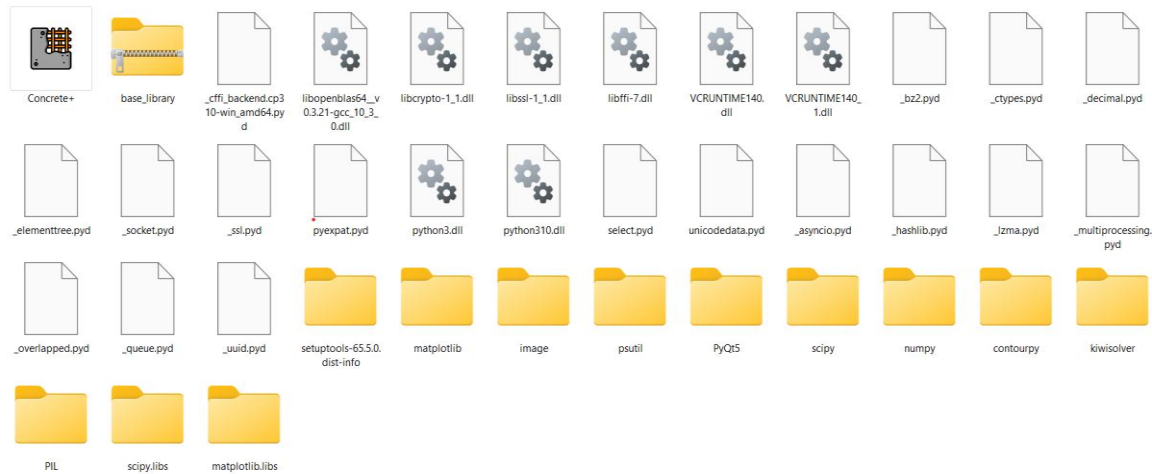
Ilustración 21, Carpeta de instalación de Programa "Concrete +"



Fuente: Elaboración Propia

Dentro de la carpeta de nombre “Concrete +” se encontrarán múltiples archivos que serán de vital importancia para poder ejecutar el programa, es importante mencionar que ninguna de estas subcarpetas puede ser eliminadas, de lo contrario es posible que el archivo .exe no funcione correctamente.

Ilustración 22, Documentos encontrados dentro de carpeta "Concrete +"



Fuente: Elaboración Propia

Una vez dentro de la carpeta se seleccionará el archivo tipo .exe para ejecutar el software “Concrete +” en el pc, siendo importante recalcar que el programa será únicamente admitido en dispositivos Windows.

Ilustración 23, Archivo .exe para ejecución del software



Fuente: Elaboración Propia

Dando doble clic en este documento automáticamente el pc, reconocerá el archivo tipo .exe, abriendo así la interfaz de inicio de “Concrete +”, mostrada a continuación.

Ilustración 24, Interfaz de Inicio "Concrete +"

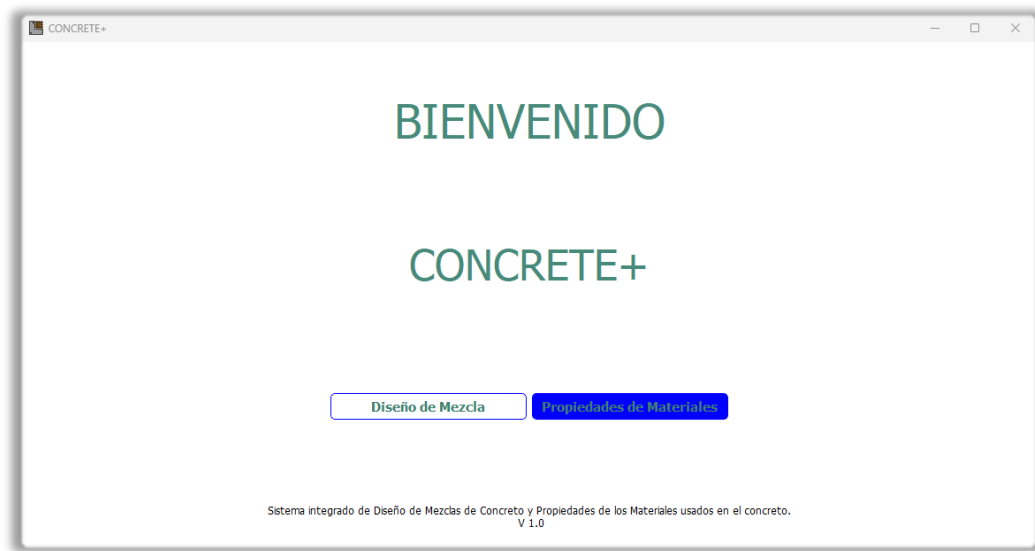


Fuente: Elaboración Propia

Seguidamente se presentará la pantalla de inicio donde se tienen dos opciones de realización de actividades, la primera la elaboración de diseños de mezcla de concreto en estado normal según ACI 211, en donde el usuario facilitará al software los datos como la resistencia a compresión deseada, tamaño máximo nominal del agregado, revenimiento requerido, entre otros, y la segunda, la ventana que nos calculará las propiedades de los agregados finos y gruesos como los pesos volumétricos secos sueltos y secos compactos, densidades, % de absorción, % de humedad, y granulometrías correspondientes.

En el caso del siguiente ejemplo, se iniciará con el cálculo de propiedades de agregados, por tanto, será necesario dar clic al botón "Propiedades de Materiales"

Ilustración 25, Pantalla de Inicio "Concrete +"



Fuente: Elaboración Propia

4.2 Introducción de datos

Una vez dentro del área de cálculo de propiedades de los agregados se observará la siguiente interfaz:

Ilustración 26, Área de cálculo de propiedades de los Agregados

The screenshot displays the 'CONCRETE+ - Propiedades del Agregado' window, which is divided into two main sections for data entry. The left section, labeled 'PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO' and circled in green with a '1', contains two sub-sections: 'INGRESE DATOS PARA PVSS' and 'INGRESE DATOS PARA PVSC'. The right section, labeled 'PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO' and circled in red with a '2', also contains two sub-sections: 'INGRESE DATOS PARA PVSS' and 'INGRESE DATOS PARA PVSC'. Each sub-section includes four input fields: 'Diametro del molde', 'Altura del molde', 'Peso del molde', and 'Peso del molde mas la grava seca' (for coarse aggregate) or 'Peso del molde mas la arena seca' (for fine aggregate). The fields are represented by rounded rectangular boxes.

Fuente: Elaboración Propia

En el área número 1, se observará el área de ingreso de datos para el cálculo de las propiedades del agregado grueso y por otra parte en el área número 2, el área para ingreso de datos para propiedades del agregado fino, donde serán calculados, Peso Volumétrico Seco Suelto “INGRESE DATOS PVSS”, Peso Volumétrico Seco Compacto “INGRESE DATOS PARA PVSC”, Porcentaje de Humedad “INGRESE DATOS PARA % DE HUMEDAD”, Porcentaje de Absorción y Densidad Aparente SSS “INGRESE DATOS PARA % DE ABSORCIÓN Y DENSIDAD”, y por ultimo

Datos necesarios para la granulometría del agregado “INGRESE DATOS DE MODULO DE FINURA”.

Ilustración 27, Continuación Área de Cálculo de propiedades de los Agregados

The image shows a screenshot of the 'CONCRETE+ - Propiedades del Agregado' software window. It displays two identical data entry forms side-by-side. The left form is enclosed in a green border and has a green circle with the number '1' next to its title. The right form is enclosed in a red border and has a red circle with the number '2' next to its title. Both forms are divided into three main sections: 'INGRESE DATOS PARA % DE HUMEDAD', 'INGRESE DATOS PARA % DE ABSORCION Y DENSIDAD', and 'INGRESE DATOS PARA MODULO DE FINURA'. Each section contains specific data entry fields with labels and empty input boxes.

Form 1 (Left):

- INGRESE DATOS PARA % DE HUMEDAD**
 - Peso de la muestra humeda
 - Peso de la muestra seca
- INGRESE DATOS PARA % DE ABSORCION Y DENSIDAD**
 - Peso de la muestra secada al horno
 - Peso de la muestra saturada con superficie seca sin peso del recipiente
 - Peso sumergido en agua de muestra saturada
- INGRESE DATOS PARA MODULO DE FINURA**
 - Elija el número de distribución granulométrica

Form 2 (Right):

- INGRESE DATOS PARA % DE HUMEDAD**
 - Peso de la muestra humeda
 - Peso de la muestra seca
- INGRESE DATOS PARA % DE ABSORCION Y DENSIDAD**
 - Peso de la muestra secada al horno
 - Peso del picnometro lleno de agua
 - Peso del picnometro con la muestra con agua hasta la marca de calibración
 - Peso de la muestra saturada y superficialmente seca
- INGRESE DATOS PARA MODULO DE FINURA**
 -

Fuente: Elaboración Propia

Los datos serán ingresados en los espacios en blanco mostrados en las pantallas anteriores.

Ilustración 28, Continuación 2 Área de Cálculo de propiedades de los Agregados

The image shows two side-by-side software screens for data entry. Both screens are titled "INGRESE DATOS PARA MODULO DE FINURA".

The left screen includes a dropdown menu labeled "Elija el número de distribución granulométrica" with a list of numbers: 1, 2, 3, 357, 4, 467, 5, 56, 57, 6. Below this are input fields for "Peso del tamiz 100MM", "Peso del tamiz 90MM", and "Peso del tamiz 63MM". There is also a "Peso del t" field. At the bottom left is a blue button labeled "Inicio", and at the bottom right is a blue button labeled "Calcular Grueso".

The right screen has input fields for "Peso del tamiz 3/8", "Peso del tamiz 30", "Peso del tamiz 4", "Peso del tamiz 50", "Peso del tamiz 8", "Peso del tamiz 100", "Peso del tamiz 16", and "Peso del tamiz 200". At the bottom right is a blue button labeled "Calcular Fino".

Fuente: Elaboración Propia

En la parte final de la pantalla de cálculo “Propiedades de Materiales” encontramos el área en donde podemos calcular las curvas granulométricas correspondientes a cada uno de los agregados, en el caso del agregado grueso se encontrará una lista desplegable en donde podremos elegir en base a que curva granulométrica queremos realizar nuestro análisis, las distintas curvas granulométricas están dadas por los limites presentados en la tabla 10 del presente documento.

De igual forma podemos observar en la ilustración 28, 3 botones, cada uno de estos botones tiene una función en específico, el botón “Inicio” nos traslada a la pantalla principal del software en donde se puede elegir si se realizará un diseño de mezcla o se calcularan las propiedades de los agregados, el botón “Calcular Grueso” y “Calcular Fino” calcularan las propiedades de los agregados gruesos y finos respectivamente.

4.3 Cálculo de propiedades del agregado grueso

Una vez conocida la interfaz y el espacio donde serán ingresados los datos para el cálculo de propiedades de los agregados procederemos con el cálculo de las propiedades el agregado grueso para la mezcla de concreto.

Los datos a ingresarse son datos previamente obtenidos en laboratorio para la realización de estas pruebas en el software “Concrete +”

- **Peso Volumétrico Seco Suelto:**

Tabla 13, Datos de Ingreso Peso Volumétrico Seco Suelto Agg Grueso

Diámetro del molde	15.1 cm
Altura del Molde	25.1 cm
Peso del Molde	2204 gr
Peso del molde más la grava seca suelta	9004 gr

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso Volumétrico Seco Compacto:**

Tabla 14, Datos de Ingreso Peso Volumétrico Seco Compacto Agg Grueso

Diámetro del molde	15.1 cm
Altura del Molde	25.1 cm
Peso del Molde	2204 gr
Peso del molde más la grava seca compacta	10204 gr

Fuente: Elaboración Propia

- **Porcentaje de Humedad:**

Tabla 15, Datos de Ingreso Porcentaje de Humedad Agg Grueso

Peso de la muestra húmeda	798 gr
Peso de la muestra seca	793 gr

Fuente: Elaboración Propia

- **Porcentaje de Absorción y Densidad SSS:**

Tabla 16, Datos de Ingreso Porcentaje de Absorción y Densidad Agg Grueso

Peso de la muestra secada al horno	1985.5 gr
Peso de la muestra saturada con superficie seca sin peso del recipiente	2019.9 gr
Peso sumergido en agua de muestra saturada	1335.8 gr

Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis Granulométrico**

Tabla 17, Datos de Ingreso de Análisis Granulométrico curva No.67 Agg Grueso

25 mm	0 gr
19 mm	360 gr
9.5 mm	1940 gr
4.75 mm	3280 gr
2.36 mm	740 gr

Fuente: Elaboración Propia

Una vez sean ingresados los datos en los espacios requeridos dentro del software se deberá de dar clic en el botón mostrado en la pantalla en color azul llamado

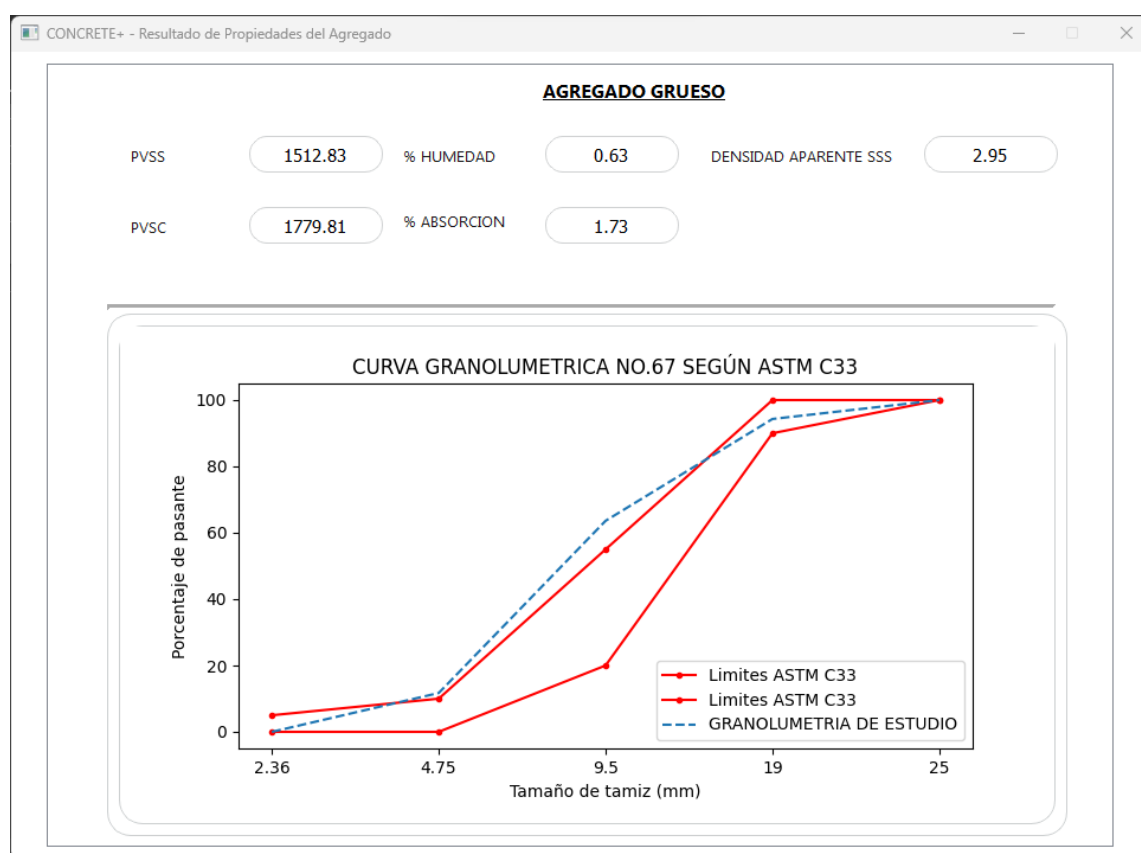
“Calcular Grueso” para que el software comience a realizar los cálculos.

Es importante mencionar, que deben de ser rellenos todos los espacios de datos requeridos en el software para el cálculo de las propiedades, de lo contrario, el software no realizará las acciones deseadas y generará un error.

4.4 Resultados de propiedades de agregado grueso

A continuación, se presenta la pantalla de resultados generados por el software “Concrete +”.

Ilustración 29, Resultados de propiedades del agregado por "Concrete +" Agg Grueso



Fuente: Elaboración Propia

4.5 Cálculo de propiedades del agregado fino

Los datos a ingresarse son datos previamente obtenidos en laboratorio para la realización de estas pruebas en el software “Concrete +”, siendo importante mencionar que el agregado fino de estudio es Material Cero de clasificación 3/16

Serán los siguientes:

- **Peso Volumétrico Seco Suelto:**

Tabla 18, Datos de Ingreso Peso Volumétrico Seco Suelto Agg Fino

Diámetro del molde	15.1 cm
Altura del Molde	25.1 cm
Peso del Molde	2204 gr
Peso del molde más la arena seca suelta	9988.96 gr

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso Volumétrico Seco Compacto:**

Tabla 19, Datos de Ingreso Peso Volumétrico Seco Compacto Agg Fino

Diámetro del molde	15.1 cm
Altura del Molde	25.1 cm
Peso del Molde	2204 gr
Peso del molde más la grava seca compacta	11044 gr

Fuente: Elaboración Propia

- **Porcentaje de Humedad:**

Tabla 20, Datos de Ingreso Porcentaje de Humedad Agg Fino

Peso de la muestra húmeda	565 gr
Peso de la muestra seca	561 gr

Fuente: Elaboración Propia

- **Porcentaje de Absorción y Densidad SSS:**

Tabla 21, Datos de Ingreso Porcentaje de Absorción y Densidad Agg Fino

Peso de la muestra secada al horno	581.95 gr
Peso del picnómetro lleno de agua	407 gr
Peso del picnómetro con la muestra con agua hasta la marca de calibración	780.4 gr
Peso de la muestra saturada y superficialmente seca	600.6

Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis Granulométrico**

Tabla 22, Datos de Ingreso de Análisis Granulométrico Agg Fino

3/8"	0 gr
No.4	0 gr
No. 8	176 gr
No. 16	173 gr
No. 30	102 gr
No. 50	70 gr
No. 100	40 gr
No. 200	36 gr

Fuente: Elaboración Propia

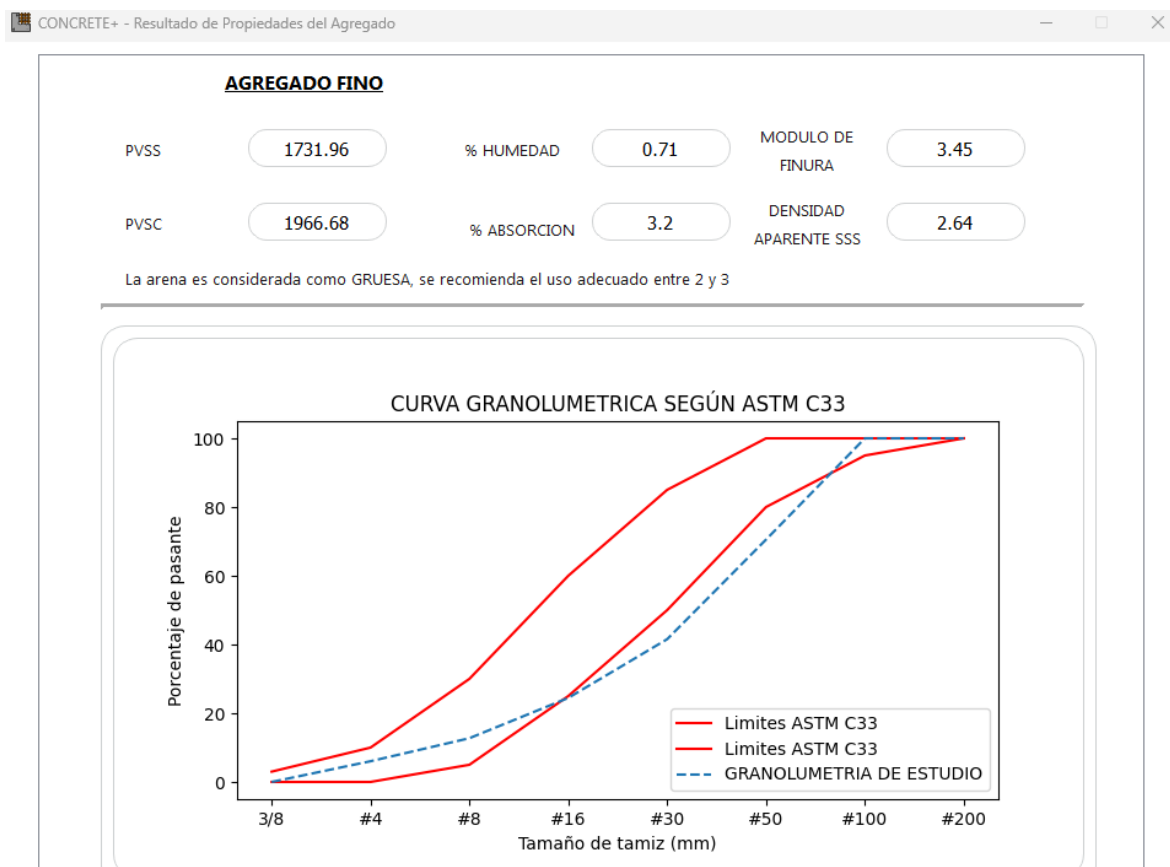
Una vez sean ingresados los datos en los espacios requeridos dentro del software se deberá de dar clic en el botón mostrado en la pantalla en color azul llamado "Calcular Fino" para que el software comience a realizar los cálculos.

Es importante mencionar, que deben de ser rellenados todos los espacios de datos requeridos en el software para el cálculo de las propiedades, de lo contrario, el software no realizará las acciones deseadas y generará un error.

4.6 Resultados de propiedades de agregado fino

Una vez sean ingresados los datos dados en el capítulo anterior, serán mostrados por el programa “Concrete +” los resultados obtenidos para las propiedades del agregado fino en estudio y su curva granulométrica correspondiente.

Ilustración 30, Resultados de propiedades del agregado por "Concrete +" Agg Fino



Fuente: Elaboración Propia

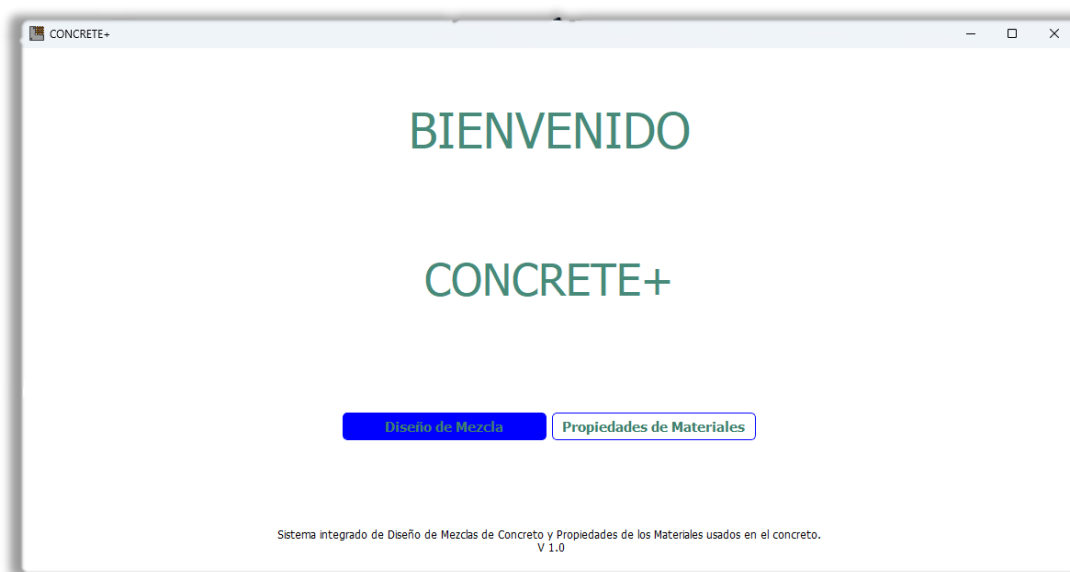
Para salir de esta pantalla daremos clic en la “X” presente en la esquina superior derecha y nos llevara a la pantalla de cálculo de propiedades de los agregados.

Capítulo V: Diseño de mezcla de concreto en software “Concrete +”

5.1 Interfaz Inicial

Para realizar un diseño de mezcla de concreto según ACI 211.1-91 en la aplicación “Concrete +” es necesario primero seleccionar en la pantalla de inicio la sección “Diseño de Mezcla”

Ilustración 29, Pantalla de Inicio “Concrete +”



Fuente: Elaboración Propia

5.2 Introducción de datos

Una vez dentro del área de Diseño de mezcla se observará la siguiente interfaz:

Ilustración 30, Área de Diseño de Mezcla "Concrete +"

GENERALIDADES DEL CONCRETO

Resistencia a compresión kg/cm²

Revenimiento (in)

Densidad del cemento (g/cm³)

Aire incorporado

Nivel de exposición

Tamaño máximo nominal Agg grueso (in)

PROPIEDADES DE AGREGADOS

Agregado Fino

Peso volumétrico seco suelto (kg/cm³)

Peso volumétrico seco compacto (kg/cm³)

Densidad del Agregado (g/cm³)

Agregado Grueso

Peso volumétrico seco suelto (kg/cm³)

Peso volumétrico seco compacto (kg/cm³)

Densidad del Agregado (g/cm³)

Fuente: Elaboración Propia

El área de Diseño de Mezclas de "Concrete +" está dividido en dos áreas, En el área número 1, se observará el área de ingreso de datos generales para el concreto a diseñar, Resistencia a la Compresión en kg/cm², Revenimiento (in), Densidad en g/cm³ del cemento a usar, Tamaño Máximo Nominal del Agg Grueso, y condiciones especiales del concreto como el tipo de condiciones a la que estará expuesto y si contará con aire incorporado.

El área número 2, es el área de ingreso de las propiedades de los agregados finos y gruesos necesarios para el diseño correcto de una mezcla de concreto, entre estos encontraremos Pesos Volumétricos Secos Compactos y Secos Suelos, Densidad, porcentaje de absorción y porcentaje de humedad, todo, de ambos agregados, y el módulo de finura para el agregado fino.

ACI 211.1-91 nos proporciona una guía para el diseño de mezclas de concreto en estado fresco, teniendo en cuenta las siguientes limitantes:

- Únicamente nos permite diseñar con revenimientos menores a 7 in.
- No son permitidos módulos de finura del agregado fino mayores a 3.
- Esta especialmente creado para el diseño con cemento tipo Portland.

En adición a lo anterior, el software “Concrete +” no cuenta con el diseño de mezclas tomando en cuenta estudios de desviación estándar de plantas de concreto.

5.3 Diseño de mezclas de concreto

Los Datos a ingresarse serán los siguientes:

- **Generalidades del Concreto**

Tabla 23, Generalidades del Concreto

Resistencia a compresión (kg/cm ²)	210
Revenimiento (in)	3
Densidad del cemento (g/cm ³)	3.10
Aire Incorporado	Si
Nivel de Exposición (En caso de tener aire incorporado)	Bajo
Tamaño Máximo Nominal del Agregado	3/4

Fuente: Elaboración Propia

- **Propiedades de los Agregados**

El agregado fino corresponde a material cero de clasificación 3/16, y el agregado grueso a grava ¾" de la curva granulométrica No.67 según ASTM C33, estos datos fueron obtenidos de análisis de laboratorio previamente realizados por la empresa PROINCO, estos informes de estudio y análisis de agregados serán detallados en los Anexos del presente documento.

Tabla 24, Propiedades del Agg Fino

Peso Volumétrico Seco Suelto (kg/m³)	1749
Peso Volumétrico Seco Compacto (kg/m³)	1943
Densidad del Agregado (gr/cm³)	2.84
Porcentaje de Humedad	3.65
Porcentaje de Absorción	3.30
Módulo de Finura	2.97

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25, Propiedades del Agg Grueso

Peso Volumétrico Seco Suelto (kg/m³)	1579
Peso Volumétrico Seco Compacto (kg/m³)	1699
Densidad del Agregado (gr/cm³)	2.79
Porcentaje de Humedad	1.35
Porcentaje de Absorción	1.84

Fuente: Elaboración Propia

Una vez introducidos los datos necesarios para el diseño de mezclas, se le deberá dar clic en el botón "Diseñar", para pasar a la pantalla donde se mostrarán los resultados.

Ilustración 31, Botones en Área de Diseño de Mezcla "Concrete +"



Fuente: Elaboración Propia

El botón “Nuevo Diseño” borra todos los datos ingresados, para poder realizar un nuevo diseño.

5.4 Resultados del diseño de mezcla

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en “Concrete +”, para el diseño de Mezcla de Concreto en estado normal, el diseño es mostrado ya con correcciones de humedades y absorción que deben de realizar siempre y cuando el agregado presente una humedad mayor a 0%.

De la misma forma, en el área número uno es mostrado las cantidades de material si la mezcla estuviera en condiciones Saturada Superficialmente Seca, que es la condiciones en la que es diseñado por defecto el concreto.

Ilustración 32, Diseño de Mezcla generado por "Concrete +"

Resultado de Mezcla

La resistencia de diseño es: 294.0 Contenido de agua: 184.0 Peso del Agregado Grueso: 1024.5

El contenido de aire en mezcla es: 3.5 **1** Peso del Cemento es: 400.35 Peso del Agregado Fino: 808.41

Relacion a/c recomendada: 0.46

Cantidades de Agregados para 1 m3 de concreto con correcciones de humedad y absorción

	Material	Cantidad	U/M
1	Cemento	400.35	kg
2	Agua	186.19	kg
3	Grava	1019.48	kg
4	Arena	811.24	kg
5	Relacion a/c	0.47	

Inicio Mezcla

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VI: Verificación de resultados obtenidos en software “Concrete +”

6.1 Propiedades de los Agregados.

6.1.1 Agregado Grueso

Los datos usados en este apartado serán los mismos usados en la tabla 7 (PVSS), tabla 8 (PVSC), tabla 9 (% humedad), tabla 10 (% Absorción y Densidad) y tabla 11 (Análisis Granulométrico), del capítulo 5, con el propósito de la verificación de resultados arrojados por el software “Concrete +”

- **Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)**

Haciendo uso de la ecuación 11 del capítulo 4.2 del presente documento:

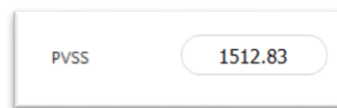
$$PVSS = \frac{\text{peso suelto de agg grueso mas molde} - \text{peso del molde}}{\text{volumen del molde.}}$$

$$PVSS = \frac{9,004 \text{ gr} - 2,204 \text{ gr}}{\frac{\pi(25.1 \text{ cm})(15.1 \text{ cm})^2}{4}}$$

$$PVSS = 1.51283 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1,512.83 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



Ilustración 33, Resultado de PVSS de Agregado Grueso por “Concrete +”



- **Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)**

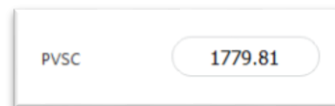
Haciendo uso de la ecuación 12 del capítulo 4.2 del presente documento

$$PVSC = \frac{\text{peso compacto de agg grueso mas molde} - \text{peso del molde}}{\text{volumen del molde.}}$$

$$PVSC = \frac{10,204 \text{ gr} - 2,204 \text{ gr}}{\frac{\pi(25.1 \text{ cm})(15.1 \text{ cm})^2}{4}}$$

Ilustración 34, Resultado PVSC de Agregado Grueso por "Concrete +"

$$PVSC = 1.779805 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1,779.81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



• Porcentaje de Humedad

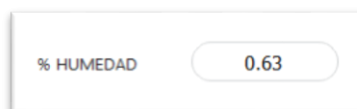
Haciendo uso de la ecuación 13 del capítulo 4.2 del presente documento:

$$\%W = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100$$

$$\%W = \frac{798 \text{ gr} - 793 \text{ gr}}{793 \text{ gr}} \times 100$$

Ilustración 35, Resultado % Humedad de Agregado Grueso por "Concrete +"

$$\%W = 0.63 \%$$



• % Absorción y Densidad SSS

Para el cálculo de la Densidad Saturada Superficialmente Seca se hará uso de la ecuación 16 del capítulo 2.4.

$$DeSSS = \frac{B}{B - C}$$

$$DeSSS = \frac{2,019.9}{2,019.9 - 1,335.8}$$

Ilustración 36, Resultado de Densidad SSS de Agregado Grueso por "Concrete +"

$$DeSSS = 2.95 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$



El porcentaje de absorción de agregado se determinó con la siguiente ecuación 17 presente en el capítulo 2.4 del presente documento.

$$\% Abs = 100 * \frac{B - A}{A}$$

$$\% Abs = 100 * \frac{2,019.9 - 1,985.5}{1,985.5}$$

Ilustración 37, Resultado de % Absorción de Agregado Grueso por "Concrete +"

$$\% Abs = 1.73$$



% ABSORCION

1.73

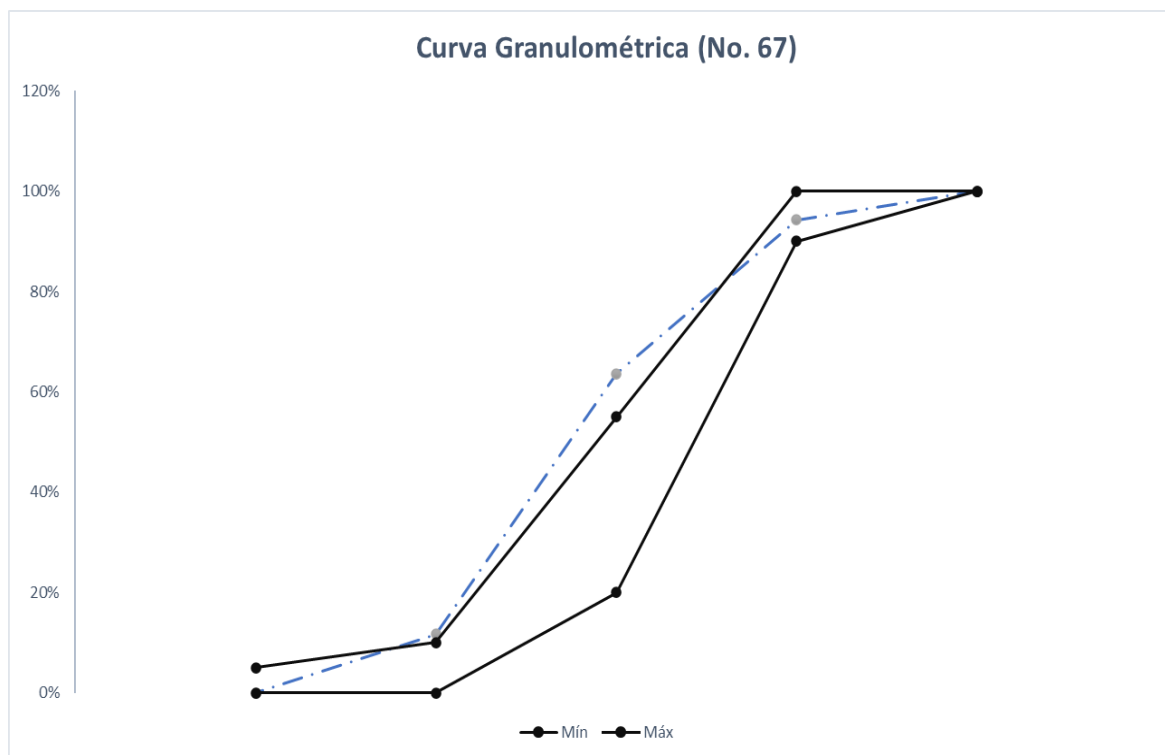
Análisis Granulométrico

Elección de número de distribución: N.67, Datos Obtenidos de la tabla 11 del capítulo 4 del presente documento.

Tabla 26, Análisis Granulométrico de Agregado grueso

No de Tamiz	Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	ASTM C-33	
					Límite inferior	Limite Superior
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	360	5.69	5.69	94.31	90	100
3/8"	1940	30.69	36.38	63.62	55	77.5
#4	3280	51.90	88.28	11.72	20	55
#8	740	11.71	99.9	0.1	0	10

Fuente: Elaboración Propia



6.1.2 Agregado Fino

Los datos usados en este apartado serán los mismos usados en la tabla 12 (PVSS), tabla 13 (PVSC), tabla 14 (% humedad), tabla 15 (% Absorción y Densidad) y tabla 16 (Análisis Granulométrico), del capítulo 5, con el propósito de la verificación de resultados arrojados por el software “Concrete +”

- **Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)**

Haciendo uso de la ecuación 11 del capítulo 4 del presente documento:

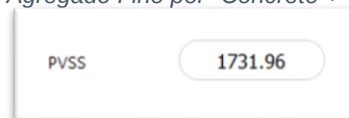
$$PVSS = \frac{\text{peso suelto de agg grueso mas molde} - \text{peso del molde}}{\text{volumen del molde.}}$$

$$PVSS = \frac{9,988.96 \text{ gr} - 2,204 \text{ gr}}{\frac{\pi(25.1 \text{ cm})(15.1 \text{ cm})^2}{4}}$$

$$PVSS = 1.73196 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1,731.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



Ilustración 40, Resultado de PVSS de Agregado Fino por "Concrete +"



• Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)

Haciendo uso de la ecuación 12 del capítulo 4.2 del presente documento

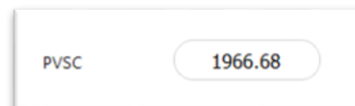
$$PVSC = \frac{\text{peso compacto de agg grueso mas molde} - \text{peso del molde}}{\text{volumen del molde.}}$$

$$PVSC = \frac{11,044 \text{ gr} - 2,204 \text{ gr}}{\frac{\pi(25.1 \text{ cm})(15.1 \text{ cm})^2}{4}}$$

$$PVSC = 1.96668 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1,966.68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



Ilustración 41, Resultado PVSC de Agregado Fino por "Concrete +"



• Porcentaje de Humedad

Haciendo uso de la ecuación 13 del capítulo 4.2 del presente documento:

$$\%W = \frac{Wmh - Wms}{Wms} \times 100$$

$$\%W = \frac{565 \text{ gr} - 561 \text{ gr}}{561 \text{ gr}} \times 100$$

Ilustración 42, Resultado % Humedad de Agregado Fino por "Concrete +"

$$\%W = 0.71 \%$$



- **% Absorción y Densidad SSS**

Para el cálculo de la Densidad Saturada Superficialmente Seca se hará uso de la ecuación 20 del capítulo 2.4.

$$DeSSS = \frac{S}{B + S - C}$$

$$DeSSS = \frac{600.6}{407 + 600.6 - 780.4}$$

$$DeSSS = 2.64 \frac{gr}{cm^3}$$



Ilustración 43, Resultado Densidad SSS Agregado Fino por "Concrete +"

DENSIDAD
APARENTE SSS

2.64

El porcentaje de absorción de agregado se determinó con la siguiente ecuación 17 presente en el capítulo 2.4 del presente documento.

$$\% Abs = 100 * \frac{S - A}{A}$$

$$\% Abs = 100 * \frac{600.6 - 581.95}{581.95}$$

$$\% Abs = 3.2$$



Ilustración 44, Resultado % de Absorción Agregado Fino por "Concrete +"

% ABSORCION

3.2

- **Análisis Granulométrico**

Análisis Granulométrico de agregado Fino según los parámetros establecidos por de ASTM C-33.

Tabla 27, Análisis Granulométrico de Agregado Fino

No de Tamiz	Retenido	%	Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	%	ASTM C-33	
						Límite inferior	Límite Superior
3/8	0		0	0	100	100	100
No 4	0		0	0	100	95	100
No 8	176		29.48	29.48	70.52	80	100
No 16	173		28.98	59.46	40.54	50	85
No 30	102		17.08	76.54	23.46	25	60
No 50	70		11.72	88.26	11.74	5	30
No 100	40		6.70	94.96	5.04	0	10
No 200	36		6.03	100		0	7
Suma:	597			345.7			

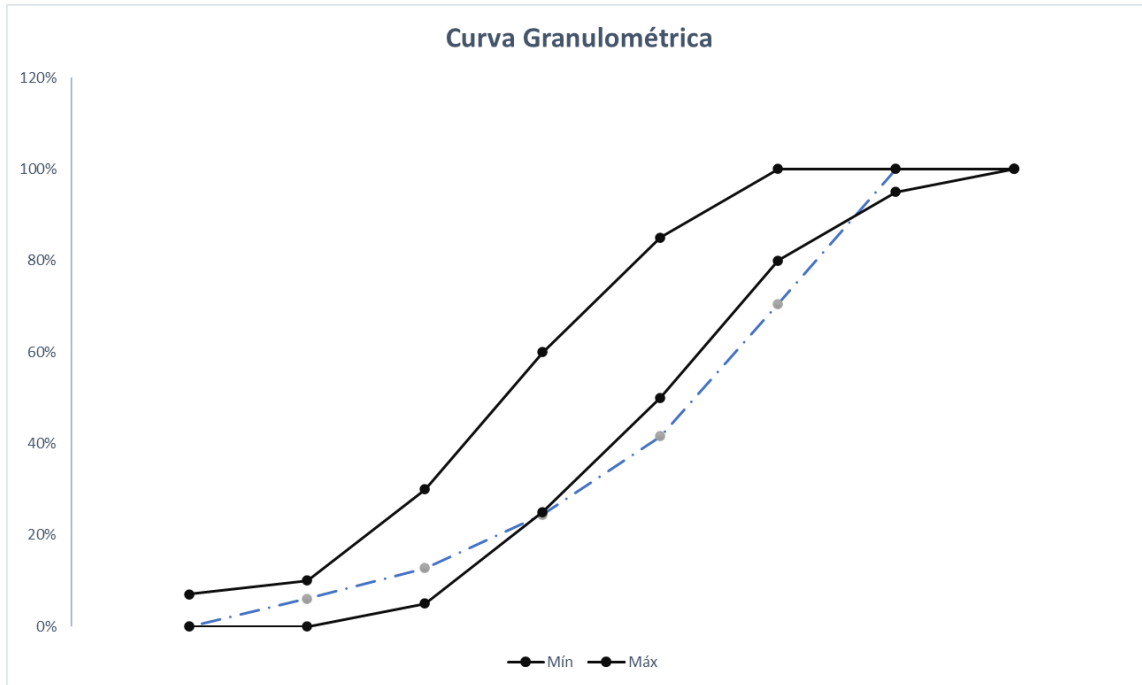
Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de Modulo de Finura

$$MF = \frac{\sum \text{de los \%retenidos acumulados en la serie de mallas}}{100}$$

$$MF = \frac{345.7}{100} = 3.45$$

Ilustración 45 Curva Granulométrica Agregado Fino de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

6.2 Diseño de Mezcla

Verificación de resultados diseño de mezclas de concreto en estado normal, calculado en software "Concrete+", se realizará cálculos manuales a continuación:

Los datos para el diseño de concreto en estado normal serán obtenidos de la tabla 18 del capítulo anterior, que nos muestra las características que deberá tener el concreto para este diseño en específico.

Tabla 28, Generalidades del Concreto

Resistencia a compresión (kg/cm ²)	210
Revenimiento (in)	3
Densidad del cemento (g/cm ³)	3.10
Aire Incorporado	Si
Nivel de Exposición (En caso de tener aire incorporado)	Bajo
Tamaño Máximo Nominal del Agregado	¾

Fuente: Elaboración Propia

Y las características de los agregados dados en el capítulo anterior en la sección 5.3

Tabla 29. Propiedades del Agg Grueso

Peso Volumétrico Seco Suelto (kg/m ³)	1579
Peso Volumétrico Seco Compacto (kg/m ³)	1699
Densidad del Agregado (gr/cm ³)	2.79
Porcentaje de Humedad	1.35
Porcentaje de Absorción	1.84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30, Propiedades del Agg Fino

Peso Volumétrico Seco Suelto (kg/m ³)	1749
Peso Volumétrico Seco Compacto (kg/m ³)	1943
Densidad del Agregado (gr/cm ³)	2.84
Porcentaje de Humedad	3.65
Porcentaje de Absorción	3.30
Módulo de Finura	2.97

Fuente: Elaboración Propia.

- **Resistencia requerida (f'_{cr}):**

El cálculo de la resistencia requerida se realiza haciendo uso de la tabla 12 presentada a continuación:

Tabla 31, Compresión Media Requerida cuando no hay datos disponibles de Desviación Estándar

Resistencia a compresión especifica f'_c (kg/cm ²)	Resistencia a compresión media requerida f'_{cr} (kg/cm ²)
Menos de 210	$f'_c + 70$
210	$f'_c + 84$
Mas de 350	$1.10f'_c + 50$

Fuente: (Comité ACI 211, 2002)

$$Resistencia\ requerida = f'_c + 84$$

$$Resistencia\ requerida = 210 \frac{kg}{cm^2} + 84$$

$$Resistencia\ requerida = 294 \frac{kg}{cm^2}$$

- **Contenido de aire en la mezcla:**

Se solicita un concreto con aire incluido y con una baja exposición, para este cálculo se hace uso de

Tabla 8, Valores Recomendados de Contenido de Aire en el Concreto Según La Exposición. Buscando de manera cruzada el valor necesario, en este caso para un concreto con grava $\frac{3}{4}$ ".

Por tanto, el contenido de aire para este concreto será de 3.5.

- **Elección de la relación agua/cemento según resistencia requerida:**

De la misma forma que el inciso anterior se hará uso de Tabla 10, Relaciones a/c según la resistencia a la compresión y contenido de aire. La relación a/c a encontrar en este caso será para una resistencia mínimo de 294 kg/cm^2 .

Se realizará una interpolación, ya que la resistencia requerida no es un valor que se encuentra la tabla.

Tabla 32, Interpolación para cálculo de relación a/c

Resistencia	Relación a/c
300	0.45
294	y
250	0.53

Fuente: Elaboración Propia

$$y = 0.45 + \frac{0.53 - 0.45}{250 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} - 300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * (294 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} - 300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})$$

La relación agua/cemento es de 0.46.

- **Cálculo del peso del agua:**

El peso del agua es calculado con la Tabla 9, Cantidad de agua de mezclado aproximada según revenimientos deseados y TMN de agregados gruesos, donde haremos uso del tamaño máximo nominal del agregado (3/4”), el revenimiento deseado (3 in) y la inclusión de aire en la mezcla.

Conociendo estos datos la cantidad de agua en la mezcla será de 184 kg.

- **Cálculo del peso del cemento:**

Se hará uso de la Ecuación 18, Relación a/c

$$C = \frac{\text{peso del agua}}{\text{relación agua/cemento}}$$

$$C = \frac{184 \text{ kg}}{0.46} = 400 \text{ kg}.$$

- **Cálculo del volumen del agregado grueso.**

El cálculo del volumen de agregados se dará haciendo uso de la Tabla 12, Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

En este caso el módulo de finura presente en el agregado fino usado para esta mezcla de concreto no está dentro de los presentados en la tabla, por tanto, se deberá realizar una interpolación.

Tabla 33, Interpolación para cálculo de Volumen de Agg Grueso

MF Agg Fino	Vol. de Agg Grueso
2.80	0.62
2.97	Y
3.00	0.60

Fuente: Elaboración propia

$$y = 0.60 + \frac{0.62 - 0.60}{2.8 - 3.00} * (2.97 - 3.0)$$

Volumen de Agregado Grueso presente en la mezcla es de: 0.603.

- **Cálculo del peso del agregado grueso:**

*Peso del agg grueso = Vol Agg Grueso * Peso volumetrico seco compacto*

$$Peso del agregado grueso = 0.603 * 1699 = 1024.5 \text{ kg/m}^3$$

- **Cálculo del peso del agregado fino:**

Para el cálculo del peso del agregado fino primera mente se obtendrán los volúmenes de agregados presente en la mezcla, para obtener el volumen de agregado fino por sustracción.

$$Volumen del cemento = \frac{Peso del cemento}{Densidad del cemento}$$

$$Volumen del cemento = \frac{400}{3.10} = 129.03 \text{ lts.}$$

$$Volumen del agua = \frac{peso de agua}{densidad del agua}$$

$$\text{Volumen del agua} = \frac{184}{1} = 184\text{lbs.}$$

$$\text{Volumen del agg grueso} = \frac{\text{peso de agg grueso}}{\text{densidad del agg grueso}}$$

$$\text{Volumen del agg grueso} = \frac{1024.5}{2.79} = 367.20\text{lbs.}$$

$$\text{Volumen del aire} = \frac{3.5 * 1000}{100} = 35 \text{ lbs.}$$

$$\text{vol. de agg fino} = 1000 - \text{vol. cemento} - \text{vol. agua} - \text{vol. agg grueso} - \text{vol. aire.}$$

$$\text{vol. del agg fino} = 1000\text{lbs} - 129.03\text{lbs} - 184\text{lbs} - 367.2\text{lbs} - 35\text{lbs} = 284.77\text{lbs.}$$

$$\text{Peso del agg fino} = \text{densidad} * \text{volumen Agg Fino}$$

$$\text{Peso del Agg Fino} = 2.84 * 284.77 = 808.73 \text{ kg.}$$

- **Correcciones de humedad y absorción de los agregados:**

$$\begin{aligned} \text{Agua en Agg} &= \frac{\text{Peso Agg Fino} * \% \text{Humedad Fino}}{100} \\ &+ \frac{\text{Peso Agg Grueso} * \% \text{Humedad Grueso}}{100} \end{aligned}$$

$$\text{Agua en Agg} = \left(\frac{808.73 \text{ kg} * 3.65}{100} \right) + \left(\frac{1024.5 \text{ kg} * 1.35}{100} \right) = 43.35 \text{ kg.}$$

$$\text{Abs de Agg} = \frac{\text{Peso Agg Fino} * \text{Abs Agg fino}}{100} + \frac{\text{Peso Agg Grueso} * \text{Abs Agg Grueso}}{100}$$

$$\text{Abs de Agg} = \left(\frac{808.73 \text{ kg} * 3.30}{100} \right) + \left(\frac{1024.5 \text{ kg} * 1.84}{100} \right) = 45.54 \text{ kg}$$

$$\text{Peso real agua} = \text{peso del agua} - \text{Agua en Agg} + \text{Abs Agg}$$

$$\text{Peso real agua} = 184 - 43.35 \text{ kg} + 45.54 \text{ kg} = 186.19 \text{ kg}$$

$$\text{Peso real fino} = \text{pesoaggfino} + \frac{\text{peso agg fino} * \text{humedad fino}}{100} - \frac{\text{pesoaggfino} * \text{absorcion fino}}{100}$$

$$\text{Peso real fino} = \left(808.73 + \left(\frac{808.73 * 3.65}{100} \right) - \left(\frac{808.73 * 3.30}{100} \right) \right)$$

$$\text{Peso real fino} = 811.56 \text{ kg}$$

$$\text{Peso real grueso} = \text{peso agg grueso} + \frac{\text{peso agg grueso} * \text{humedad grueso}}{100} - \frac{\text{peso agg grueso} * \text{absorcion grueso}}{100}$$

$$\text{Peso real grueso} = \left(1024.5 + \left(\frac{1024.5 * 1.35}{100} \right) - \left(\frac{1024.5 * 1.84}{100} \right) \right)$$

$$\text{Peso real grueso} = 1019.48 \text{ kg}$$

$$r_{a/c} = \text{pesorealagua} / \text{PesodeCemento}$$

$$r \frac{a}{c} = \frac{186.19}{400} = 0.47$$

$$r \frac{g}{a} = \text{peso real grueso} / \text{peso real fino}$$

$$r \frac{g}{a} = \frac{1019.48}{811.56} = 1.26$$

$$r_{ar/c} = \text{peso real fino} / \text{Peso de Cemento}$$

$$r \frac{ar}{c} = \frac{811.56}{400} = 2.0$$

Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

Durante el desarrollo de cada capítulo y posteriormente evaluando cada uno de los objetivos planteados, finalmente podemos concluir lo siguiente:

- Para determinar la secuencia lógica resultó ser indispensable, la comprensión de cada una de las variables representadas en ACI 211.1 para el diseño de mezclas de concreto en estado normal, así como también la comprensión de las características que presentan los agregados para concreto, para posteriormente evaluar las herramientas que facilita la programación, y unificar estos conocimientos para el desarrollo del proceso computacional que se deberá llevar a cabo para crear un software funcional.
- Una vez materializado el software “Concrete +”, fue posible calcular las propiedades de los agregados según la normativa ASTM C33, permitiendo al usuario un análisis más rápido y eficiente de las propiedades que presentan los agregados de su elección.
- El software “Concrete +” es capaz de realizar diseños de mezcla de concreto en estado normal según ACI 211, con datos proporcionados por el usuario y simultáneamente presentar los resultados de diseño con los agregados en condición Saturada Superficialmente Seca y el correspondiente una vez se hayan realizado las correcciones por absorción y humedad.
- Se realizaron con éxito los cálculos para los cuales “Concrete +” fue creado, generando resultados acertados con las peticiones dadas por un usuario, dichos resultados fueron validados mediante cálculos manuales que comprobaron la veracidad y la efectividad del software.

7.2 Recomendaciones.

Una vez finalizada la monografía se determina las siguientes recomendaciones:

- El software “Concrete +” puede ser de utilidad para fines académicos ya que permite la realización de cálculos de una manera más rápida permitiendo al usuario que lo utilice un análisis más eficiente de la información.
- Es importante siempre incluir en el software todos los datos solicitados para el buen funcionamiento, ya que de lo contrario es posible que no funcione de la manera adecuada.
- Una vez se tenga descargada en su pc la carpeta que contiene el archivo ejecutable del software “Concrete +”, no se podrá eliminar ninguna de las subcarpetas, ya que la eliminación de uno de estos archivos podría llevar generar un error al abrir el software.

Capítulo VIII: Anexos

- Normas ASTM correspondientes para las propiedades de los agregados.

Tabla 34, Normas ASTM para Agregados

Nombre	Connotación	Alcance
“Especificación Estándar para Agregados para Concreto”	ASTM C-33	Define los requerimientos de granulometría y la calidad de los agregados finos y gruesos para usarse en el concreto.
“Método Normalizado para determinar la densidad aparente e índice de Huecos en los Árido”	ASTM C-29	Permite determinar la densidad aparente de un árido y calcular los huecos entre partículas en los áridos finos y gruesos.
“Método de Ensayo Normalizado para determinar el contenido de humedad total evaporable de los áridos por secado”	ASTM C-566	Se utiliza para determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de áridos, por el método de secado.
“Método de Ensayo Normalizado para determinar densidad, densidad Relativa, y la absorción de los Áridos Finos”	ASTM C-128	Determina la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir volumen de los huecos entre partículas), la densidad relativa y la absorción de los áridos finos.
“Método de Ensayo estándar para impurezas orgánicas en agregados finos para concreto”	ASTM C-40	Determina aproximadamente la presencia de impurezas orgánicas nocivas en los agregados finos que serán utilizados en concreto.
“Método de Ensayo Normalizado para determinar densidad, densidad Relativa, y la absorción de los Áridos Gruesos”	ASTM C-127	Determina la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir volumen de los huecos entre partículas), la densidad relativa y la absorción de los áridos gruesos.
“Método de Ensayo Normalizado para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la Máquina Los Ángeles”	ASTM C-131	Describe el procedimientos para ensayar áridos gruesos menores a las 37.5mm para la resistencia a la degradaciones de la maquina de ensayo “Los Ángeles”

Fuente: Elaboración Propia

- Informe y Estudio de agregado fino por PROINCO S.A



PRODUCTOS INDUSTRIALES DE CONCRETO

Km 14 1/2 C.Masaya, Ent a Veracruz 8 km al este, Plantel El Portillo

Aseguramiento y Control de Calidad

Informe y Estudio de Agregado Fino

Fecha de Emisión 4/8/2023
 Cliente _____

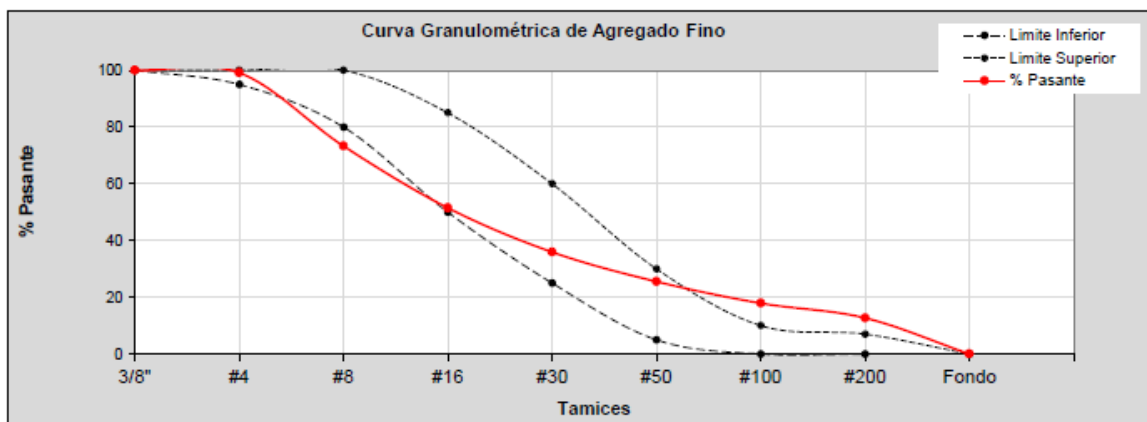
Fecha de Muestreo	3/8/2023	Folio	689	Turno	Día	Calidad
Banco	Portillo 1	Material	Cero	Configuración	16	A
Procedencia	Fase 2	Origen	Triturado	Realizó	Walter García	

Agregado Fino		Cero		Banco: Portillo 1			
PRUEBA		RESULTADOS		CALIFICACIÓN		REFERENCIA	
Granulometría		Parcialmente dentro de límites		Cumple		ASTM C136	
Modulo de Finura		2.97		Cumple		de 2,3 a 3,1	
Gvs (sss):		2.84		Cumple		ASTM C128	
Porcentaje de Absorción		3.30		Cumple		—	
Contenido de Materia Orgánica		0		Cumple		ASTM C40	
Equivalente de arena		90		Cumple		ASTM D2419	
Masa Volumétrica		1,749		Cumple		ASTM C29	
		Compactado		Cumple		—	
Pérdida por Lavado en la malla 200		10.00		-		ASTM C117	
						< 7%	

700.00	Ww(gr)	700.00	Ws (gr)	693.00	%Ws (gr)	1.01%
--------	--------	--------	---------	--------	----------	-------

No. de malla	Retenido (g)	% Retenido		% Que pasa	ASTM C33	
		Parcial	Acumulado		Limite Inferior	Limite Superior
3/8	0.00	0.00	0.00	100	100	100
No. 4	6.00	0.87	0.87	99	95	100
No. 8	179.00	25.83	26.70	73	80	100
No. 16	151.00	21.79	48.48	52	50	85
No. 30	108.00	15.58	64.07	36	25	60
No. 50	72.00	10.39	74.46	26	5	30
No. 100	53.00	7.65	82.11	18	0	10
No. 200	36.00	5.19	87.30	13	0	7
Charola	88.00	12.70	100.00			
SUMA	693.00					

Módulo de Finura = 2.97 Especificado 2,3 a 3,1



- Informe y Estudio de agregado grueso por PROINCO S.A



PRODUCTOS INDUSTRIALES DE CONCRETO

Km 14 1/2 C.Masaya, Ent a Veracruz 8 km al este, Plantel El Portillo

Aseguramiento y Control de Calidad

Informe y Estudio de Agregado Grueso (Grava)

Fecha de Emisión 4/8/2023
 Cliente _____

Fecha de Muestreo	1/8/2023	Folio	368	Turno	Día
Banco	Portillo 1	Material	N67	Configuración	16.00
Procedencia	Fase 3	Calidad	A	Realizó	Walter García

Agregado Grueso		N67		Banco:		Portillo 1	
PRUEBA		RESULTADOS		CALIFICACION		REFERENCIA	LIMITES
Granulometría		Dentro de los límites		Cumple	ASTM C 33	----	
Densidad (sss) :		2.79	(gr /cm3)	Cumple	ASTM C 127	----	
Porcentaje de Absorción		1.84	%	Cumple	ASTM C 127	----	
Masa Volumétrica	Suelta	1,579	kg/m ³	Cumple	ASTM C 29	----	
	Compacta	1,699	kg/m ³	Cumple			
Desgaste (%)		27.80%	%	Cumple	ASTM C 131	Max 40%	
Intemperismo acelerado		5.5%	Porcentaje	Cumple	ASTM C 88	Max 12%	

Masa Inicial (gr) 10232.0 Masa Final (gr) 10219.0

No Malla	Retenido (g)	% Retenido		% Que pasa	ASTM C33	
		Parcial	Acumulado		Limite Inferior	Limite Superior
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	220	2	2	98	90	100
1/2"	3,325	33	35	65	55	77.5
3/8"	1,924	19	54	46	20	55
# 4	3,960	39	92	8	0	10
# 8	690	7	99	1	0	5
Fondo	100	1	100	0	0	0
SUMA	10,219					

