



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN CONSTRUCCION

“Diseño de una herramienta automatizada para el cálculo de dosificación de concreto y listado de materiales en la construcción de zapatas de losa simple (aisladas) y columnas rectangulares de hormigón armado en viviendas de un piso (hasta 90 m²), dirigida a ingenieros y técnicos residentes de obra.”

Tutor: Ing. Alvaro Martin Barona Sanchez

Alumno: Victor Manuel Galvez Riera

Quito, agosto de 2025

Índice general

I.	Introducción	1
II.	Situación Actual	2
2.1.	Diagnóstico	2
2.2.	Problema.....	2
2.3.	Objetivos	3
2.3.1.	Objetivo General	3
2.3.2.	Objetivos Específicos.....	3
2.4.	Metodología.....	4
2.4.1.	Tipo de investigación:.....	4
2.4.2.	Diseño de la investigación:.....	4
III.	Análisis de datos	5
3.1.	Procedimiento de elaboración.....	5
3.1.1.	Recolección de información	5
a)	Definición de losa simple.....	5
b)	Normativas locales	5
c)	Dosificación del hormigón de acuerdo a la normativa ACI - 318	17
d)	Asignación del acero de refuerzo en columnas.....	24
3.1.2.	Análisis de los datos	30
a)	Dosificación de concreto	30
b)	Cantidad de refuerzo de acero en plintos y columnas	49
IV.	Conclusiones y recomendaciones	63
4.1.	Conclusiones	63
4.2.	Recomendaciones.....	64
V.	Bibliografía	66
VI.	Anexos	67

Índice de figuras

Figura 1	Mapa de zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z	15
Figura 2	Disposición genérica de separación de estribos	27
Figura 3	Disposición genérica de refuerzo transversal en columnas.....	29
Figura 4.	Base de datos de ingreso de la hoja electrónica	34
Figura 5.	Parámetros de dosificación calculados en la hoja electrónica propuesta	35
Figura 6	Valores obtenidos para la dosificación de hormigón en la hoja electrónica	36
Figura 7.	Dimensiones de un cilindro de ensayo en la hoja electrónica.....	36
Figura 8.	Dosificación de material para un número determinado de cilindros de ensayo	37
Figura 9.	Distintas fases del proceso de colocación de la mezcla de hormigón	39
Figura 10.	Base de datos de la hoja electrónica.....	42
Figura 11.	Resultados obtenidos.....	43
Figura 12.	Cantidades de material para la dosificación de la mezcla	44
Figura 13.	Curado de las probetas cilíndricas de hormigón	44
Figura 14.	Diferentes fases del proceso de ensayo	45
Figura 15.	Primera dosificación (relación a/c =0,68)	46
Figura 16.	Segunda dosificación (relación a/c = 0,56)	46
Figura 17.	Resultados obtenidos en el ensayo para las dos relaciones agua – cemento.....	47
Figura 18.	Resultados definitivos	48
Figura 19.	Refuerzo longitudinal y transversal del plinto	49
Figura 20.	Sección transversal de la columna de HA.....	53
Figura 21.	Disposición de las varillas longitudinales y estribos.....	54
Figura 22.	Datos de ingreso para plintos	58
Figura 23.	Resultados obtenidos para el acero en plintos.....	59
Figura 24.	Resultados obtenidos para el alambre de amarre en plintos.....	59
Figura 25.	Datos de ingreso para columnas.....	60
Figura 26.	Resultados obtenidos para el acero longitudinal en columnas.....	60
Figura 27.	Datos de ingreso para estribos de la columna	61
Figura 28.	Resultados obtenidos para el acero transversal de la columna.....	61
Figura 29.	Resultados obtenidos para el alambre de amarre en columnas	62

Índice de tablas

Tabla 1	Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas (Lo).....	7
Tabla 2	Factor de sobrecarga del elemento de soporte KLL	8
Tabla 3	Factores de reducción R1	9
Tabla 4	Factores de reducción R2.....	9
Tabla 5	Coefficientes de corrección σ	11
Tabla 6	Coefficientes de entorno / altura	12
Tabla 7	Determinación del factor de forma Ct	13
Tabla 8	Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	15
Tabla 9	Coefficiente de respuesta sísmica	16
Tabla 10	Coefficientes "R" de respuesta estructural para diferentes sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas	17
Tabla 11	Revenimientos utilizados en los diferentes tipos de estructuras de hormigón.....	18
Tabla 12	Requisitos de gradación para los agregados de acuerdo a la norma ASTM C33	19
Tabla 13	Valores de la cantidad de agua de mezclado de acuerdo a los revenimientos y el tamaño del agregado grueso	21
Tabla 14	Valores de relación agua-cemento para obtener determinadas resistencias	22
Tabla 15	Valores del volumen del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto en función de su tamaño máximo y el módulo de finura del agregado fino.....	23
Tabla 16	Determinación del volumen parcial de mezcla con aire confinado	32
Tabla 17	Dosificación definitiva del material luego de las respectivas correcciones por humedad y absorción.....	33
Tabla 18	Proporciones de material para un cilindro de ensayo	33
Tabla 19	Principales características técnicas de los materiales	41

I. Introducción

En el Ecuador, el proceso de construcción de soluciones habitacionales de una sola planta trae consigo dificultades de orden técnico y constructivo a consecuencia del inadecuado aprovechamiento de los materiales que en la mayoría de los casos desencadena en su desperdicio, sobre todo en la fase de elaboración del concreto, así como en la disposición de material requerido para la construcción de elementos estructurales como vigas, losas, columnas y plintos.

Los referidos desperdicios se originan sobre todo debido a errores involuntarios en los cálculos manuales junto con la ausencia de procesos estandarizados que normen la construcción de los inmuebles. El desperdicio de material además de incrementar los costos de construcción genera impactos ambientales que traen un consecuente incremento de los índices de “huella de carbono” del lugar donde se lleva a cabo la construcción y sus alrededores.

Pese a que la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – SE – HM: 2015) establece especificaciones técnicas para el diseño y construcción de estructuras de hormigón armado, su aplicación en proyectos de pequeña y mediana escala como viviendas con una extensión de hasta 90 m² resulta hasta cierto punto insuficiente debido sobre todo a la carencia de herramientas tecnológicas prácticas para los técnicos residentes de obra. Además de la razón anterior, la metodología informal y muchas veces empírica con la que se dosifican las mezclas de concreto, así como la cuantificación de la cantidad de sus materiales componentes acarrear estimaciones casi siempre excesivas llegando así a un consecuente desperdicio de materia prima.

Mediante esta propuesta se pretende, reducir al máximo el desperdicio de material y sus costos asociados, mejorar la eficiencia en los procesos constructivos, promover prácticas

sostenibles en la construcción de viviendas en pequeña escala en base a normativas técnicas vigentes inculcando así un enfoque más responsable en el sector de la construcción.

II. Situación Actual

2.1. Diagnóstico

En el medio local, la construcción de viviendas de un solo nivel lamentablemente está vinculada con el desperdicio de materiales, sobre todo en la fase de elaboración del concreto, así como en la disposición de insumos para la construcción de los correspondientes elementos estructurales del inmueble (vigas, losas, columnas, plintos). De acuerdo a investigaciones técnicas serias se ha podido comprobar que entre el 10 y el 15% del concreto se lo desperdicia debido a determinaciones empíricas y poco precisas sumado a ello la falta de estandarización de los procesos constructivos (Castro y Torres, 2018, p. 48). El desperdicio de material además de incrementar los costos de construcción generará impactos ambientales considerables y preocupantes debido al aumento de los índices de la huella ecológica en el sector de la construcción y los alrededores que lo circundan (Carvajal y Ortiz, 2022, p. 130).

2.2. Problema

A pesar de que la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC, SE – HM: 2015) establece criterios técnicos para el diseño y construcción de estructuras de hormigón armado, no es menos cierto el hecho de que su aplicación en proyectos pequeños (viviendas de hasta 90 m²) es muy restringida debido a la falta de recursos técnicos para los residentes de obra. (González y Martínez, 2019, p. 19). Muchas veces, debido a las condiciones del entorno social en donde se lleva a cabo la construcción de las obras en mención, los criterios constructivos son en una gran mayoría de los casos de tipo informal por lo que los métodos técnicos optimizados

para la dosificación del concreto son prácticamente omitidos trayendo en consecuencia una muy imprecisa e incorrecta cuantificación de los materiales de construcción generando así deficiencias técnicas que incidirán negativamente en la calidad de la obra.

Ante la problemática anteriormente expuesta, se torna necesario el hecho de disponer de una herramienta informática automatizada que asista a los ingenieros y técnicos en la construcción en las labores de cálculo de la dosificación del concreto, lo que traerá consigo la optimización de los materiales para en consecuencia lograr una adquisición correcta , minimizando así al máximo el desperdicio mejorando así la eficiencia en la construcción de inmuebles habitacionales (González y Martínez, 2019, p. 20). La solución propuesta además de aportar a la correcta alineación de los procesos constructivos con la normativa vigente estimulará la ejecución de prácticas con mayor sostenibilidad beneficiando así a los usuarios de la obra y al entorno residencial del sitio donde esta tendrá lugar.

2.3.Objetivos

2.3.1. Objetivo General

Desarrollar una herramienta automatizada que permita optimizar el cálculo de la dosificación de concreto y la gestión de materiales en la construcción de viviendas de un piso en Ecuador, a fin de reducir el desperdicio, disminuir costos y mejorar la sostenibilidad del sector.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar las principales causas del desperdicio de concreto en la construcción de viviendas de un solo nivel, identificando las deficiencias en los métodos de cálculo y gestión de materiales utilizados actualmente.

-
- Diseñar y desarrollar una herramienta automatizada y sencilla de usar, que permita a ingenieros y técnicos calcular con precisión la dosificación de concreto y generar listados de materiales optimizados, alineados con la NEC.
 - Evaluar la funcionalidad y precisión de la plantilla Excel mediante pruebas y validación con profesionales del sector, asegurando su efectividad en la planificación y control de materiales en obras de pequeña escala.

2.4. Metodología

2.4.1. Tipo de investigación:

Para la realización del presente trabajo se analizarán las principales metodologías de determinación de cantidades de material de construcción que se requieren en la construcción de obras a fin de simplificar su aplicación por medio de herramientas computacionales de manejo sencillo. El tipo de investigación, por tanto, será de carácter descriptivo en donde se detallarán cada uno de los componentes que integrarán la herramienta automatizada propuesta a fin de que esta sea un producto de óptima calidad que proporcione soluciones inmediatas y precisas.

2.4.2. Diseño de la investigación:

En el desarrollo del trabajo se utilizará un método de carácter exploratorio-descriptivo donde se recopilarán datos técnicos y se diseñará un prototipo inicial de la herramienta, que luego será ajustado con base en pruebas y retroalimentación de posibles usuarios. En la parte correspondiente a recolección de la información, se analizarán las diferentes normativas técnicas en base a las cuales se efectúan los respectivos análisis estructurales en donde en función de los resultados obtenidos se determinará la cantidad de material necesario para cumplir con las disposiciones técnicas que dictan las referidas normativas.

III. Análisis de datos

3.1. Procedimiento de elaboración

3.1.1. Recolección de información

a) Definición de losa simple

De acuerdo con González y Martínez

Una losa simple de hormigón es una placa de hormigón simple, es decir, que no se encuentra reforzada de acero. Este tipo de losas se utilizan principalmente en estructuras donde no se requieren grandes resistencias ante los esfuerzos de tracción. Estas losas son utilizadas en áreas donde las cargas son estáticas y moderadamente altas. (González & Martínez, 2019, pág. 32)

b) Normativas locales

b1) Cargas no sísmicas

Cargas permanentes

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014)

“Se conoce como “cargas muertas” a aquellas que incluyen el peso de todos los elementos estructurales importantes, destacándose principalmente muros, paredes, revestimientos, instalaciones sanitarias y eléctricas, maquinaria, y cualquier otro elemento fijado de manera permanente a la estructura.” (CAMICON, 2014, p. 11)

Cargas variables

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014):

También denominadas como “cargas vivas” o “sobrecargas de uso”, son cargas de tipo transitorio, mismas que dependerán de la ocupación a la que está destinado el inmueble y se encuentran conformadas generalmente por el peso promedio de los ocupantes, mobiliario, equipos y accesorios (móviles o temporales), mercadería almacenada temporalmente, etc. (CAMICON, 2014, p. 11)

Las cargas vivas que se considere que sean sobrecargas, podrán reducirse de acuerdo a las siguientes normativas establecidas en el Código NEC – SE – CG:

Todas las sobrecargas repartidas que se muestran en la Tabla 1. (para el caso de viviendas exclusivamente), sobrecargas mínimas de tipo uniformemente distribuidas (L_0) y concentradas (P_0) se las podrá reducir, siempre y cuando no se pase por alto las siguientes restricciones:

1. Limitaciones

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014)

No se podrán reducir sobrecargas:

Cuando el valor de la carga viva sea mayor a 4,8 Kn/m².

Cuando existan sobre el elemento de soporte dos o más pisos, en este caso se podrá reducir el 20% de la sobre carga.

No se reducirán las sobrecargas en lugares destinados a reuniones públicas.

“El área tributaria (A_T) de las losas unidireccionales no deberá superar una superficie determinada por un ancho de losa, perpendicular a la luz, igual a 1,5 veces la luz principal de la losa junto con su longitud.” (CAMICON, 2014, p. 12)

Tabla 1

Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas (Lo)

<i>Ocupación o uso</i>	<i>Carga uniforme (Lo) (KN/m2)</i>
<i>Residencias</i>	
<i>Viviendas (unifamiliares y bi familiares)</i>	2,00
<i>Hoteles y residencias multifamiliares</i>	
<i>Habitaciones</i>	
<i>Salones de uso público y corredores</i>	2,00
	4,80

Nota. (CAMICON, 2014, p. 29)

2. Caso general

Una vez definidas y aclaradas las restricciones, se determinará la carga reducida de los elementos estructurales de acuerdo a la expresión siguiente

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014)

$$\text{Si } K_{LL}A_T \geq 35 \text{ m}^2 \rightarrow L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} * A_T}} \right)$$

Dónde:

L: Sobrecarga reducida distribuida en KN/m2 aplicada sobre el área tributaria del elemento de soporte.

L_o: Sobrecarga distribuida sin reducir, aplicada sobre el área tributaria del elemento de soporte, según la tabla 1 (para el caso exclusivo de viviendas y hospederías).

K_{LL}: Factor de sobrecarga de acuerdo al elemento de soporte según la tabla 2.

A_T: Área tributaria en metros cuadrados.

El valor de L no deberá ser menor a:

$0,5L_0$ para elementos que soportan un solo piso

$0,4 L_0$ para elementos que soportan dos o más pisos. (CAMICON, 2014, p. 12)

Tabla 2

Factor de sobrecarga del elemento de soporte K_{LL}

Elemento	K_{LL}
<i>Columnas</i>	
<i>Columnas interiores</i>	4
<i>Columnas exteriores sin losas en volado</i>	4
<i>Columnas de borde con losas en volado</i>	3
<i>Columnas esquineras con losas en volado</i>	2
<i>Vigas de borde sin losas en volado</i>	2
<i>Vigas interiores</i>	2
<i>Todos los demás elementos no identificados incluyendo:</i>	
<i>Vigas de borde con losas en volado</i>	
<i>Vigas en volado</i>	
<i>Losas en una dirección</i>	1
<i>Losas en dos direcciones</i>	
<i>Elementos que no tengan mecanismos de transferencia cortante normal a la dirección de la luz</i>	

Nota: (CAMICON, 2014, p. 13)

En lo referente al ajuste de cargas en cubiertas, de acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014): “En la región andina y sus pendientes, por encima de los 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm), no se permitirá disminuir la carga viva en cubiertas, con el fin de evitar daños causados por granizo o ceniza.” (CAMICON, 2014, p. 13)

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014)

Se permite la reducción de la carga viva L_0 (caso tabla 1), en base a los parámetros que se exponen a continuación:

1. Reducción de sobrecargas para cubiertas planas, inclinadas y curvas

Se permite la reducción de la sobrecarga de cubierta de acuerdo a la siguiente expresión:

$$L_r = L_o * R_1 * R_2$$

Donde:

L_r : Sobrecarga reducida de cubierta en proyección horizontal en KN/m²; $0,60 \leq L_r \leq 1$

L_o : Sobrecarga no reducida de cubierta en proyección horizontal en KN/m².

R_1, R_2 : Factores de reducción de conformidad con las tablas 3 y 4 (CAMICON, 2014, p.

13)

Las mencionadas tablas se exponen a continuación:

Tabla 3

Factores de reducción R1

Condición	R₁
$A_T \leq 18 \text{ m}^2$	1
$18 \text{ m}^2 \leq A_T \leq 56 \text{ m}^2$	$1,2 - 0,0011 A_T$
$A_T \geq 56 \text{ m}^2$	0,6

Nota: A_T. Área tributaria en metros cuadrados que circunda al elemento.

(CAMICON, 2014, p. 14)

Tabla 4

Factores de reducción R2

Condición	R₂
$F \leq 33,33\%$	1
$33,33\% \leq A_T \leq 100\%$	$1,2 - 0,006 F$
$F \geq 100\%$	0,6

Nota: F.- Pendiente de la cubierta (%) (CAMICON, 2014, p. 14)

2. Cubiertas para propósitos especiales

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014): “En las cubiertas destinadas a la ocupación de jardines o cualquier otro propósito de carácter especial, se permitirá la reducción de cargas vivas de acuerdo a lo expuesto en el numeral 2” (en el presente documento) (CAMICON, 2014, p. 14)

a2) Cargas eólicas (o de viento)

Con respecto a este tipo de carga, de acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014):

1.- Velocidad instantánea máxima del viento

“La velocidad de diseño para viento hasta alturas de 10 metros será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la edificación, pero no será menor a 21m/s (75 Km/h)” (CAMICON, 2014, p. 14)

2.- Velocidad corregida del viento

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014)

“La velocidad instantánea máxima del viento se ajustará mediante un coeficiente de corrección σ , el cual variará según la altura y las características topográficas o de la edificación circundante (nivel de exposición al viento), conforme a lo indicado en la Tabla 5.” (CAMICON, 2014, p. 14)

La velocidad corregida del viento se la determina mediante la expresión siguiente:

$$V_b = V * \sigma$$

Donde:

V_b : Velocidad corregida del viento (m/s).

V : Velocidad instantánea máxima del viento en m/s registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

σ : Coeficiente de corrección (tabla 5) (CAMICON, 2014, p. 14)

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014)

Las características del terreno se dividen en tres categorías:

Categoría A (Sin obstrucción): Edificaciones ubicadas frente al mar, en áreas rurales o en espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

Categoría B (Obstrucción baja): Construcciones situadas en zonas suburbanas con edificaciones de poca altura, alrededor de 10 m en promedio.

Categoría C (Zonas urbanizadas): Áreas dentro de entornos urbanos con edificaciones de altura significativa. (CAMICON, 2014, p. 15).”

Tabla 5

Coeficientes de corrección σ

<i>Altura (m)</i>	<i>Sin obstrucción (Categoría A)</i>	<i>Obstrucción baja (Categoría B)</i>	<i>Zona edificada (Categoría C)</i>
5	0,91	0,86	0,80
10	1,00	0,90	0,80
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Nota: La fuente bibliográfica corresponde a (CAMICON, 2014, p. 15)

3.- Determinación de la fuerza de presión del viento

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014)

“Se entiende que el viento ejerce una carga de presión sobre los elementos de la fachada. Para evaluar la capacidad del elemento frente a los empujes generados por la acción del viento, se define una presión eólica P , cuyo valor se calculará mediante la siguiente manera:”

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_t$$

Donde:

P : Presión del viento expresada en Pa (N/m²)

ρ : Densidad del aire expresada en Kg/m³. (En general se puede asumir el valor de 1,25 Kg/m³)

V_b : Velocidad corregida del viento en m/s.; C_e : Coeficiente de entorno /altura (tabla 6)

C_t : Coeficiente de forma (tabla 7) (CAMICON, 2014, p. 15)

Tabla 6

Coeficientes de entorno / altura

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 Km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6

V Centro de negocio de grandes ciudades con profusión de edificios en altura

1,2 1,2 1,2 1,4 1,5 1,6 1,9 2,0

Nota: Este valor se lo determinará en base a la tabla tomada del “Ministerio Español de la Vivienda”, debido a que la NEC – SE -CG no dispone de este valor. (Civil Hacks , 2017)

Tabla 7

Determinación del factor de forma Ct

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+ 0,8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación cuyo valor no exceda de los 45 grados	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15 grados o menos	+0,3 a 0	-0,6
Superficies inclinadas entre 15 y 60 grados	+0,3 a +0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 60 grados y la vertical	+0,8	-0,6

Nota: El signo (+) indica presión, mientras que el signo (-) indica succión. Barlovento: Dirección de procedencia del viento, sotavento: Dirección de destino del viento. (CAMICON, 2014, p. 16)

4.- Cargas de granizo

De acuerdo al Código NEC – SE – CG, CAMICON (2014):

Se considerará una acumulación de granizo en un corto lapso de tiempo.

Se deberá de tomar en cuenta para regiones del país con más de 1500 (msnm), las cargas de granizo S , tal como se especifica a continuación:

La carga de granizo S se la determinará de acuerdo a la siguiente expresión: $S = \rho_s * H_s$

Donde:

P_s : Peso específico del granizo (En defecto 1000 Kg/m3)

H_s : Altura de acumulación (m)

“Para cubiertas con pendientes menores al 15%: Deberá considerarse una carga de granizo mínima de 0,50 KN/m².”

Para cubiertas con pendientes mayores al 15%:

Deberá considerarse una carga de granizo mínima de 1,0 KN/m²

“En los lugares donde sea necesario tener en cuenta la carga por granizo, se sumará una sobrecarga de 1,0 kN/m² en las zonas de los aleros, abarcando un ancho equivalente al 10 % de la luz libre, medido desde el borde hacia el apoyo, con un mínimo de 1000 mm.” (CAMICON, 2014, p. 18)

a2) Peligro sísmico

De acuerdo al Código NEC – SE – VIVIENDA, (2014)

El diseño sismo resistente está basado en la acción de las fuerzas y se sustenta en el principio de verificación de la resistencia lateral de la estructura en donde esta deberá ser mayor o igual a la demandada por el sismo de diseño, o sea: $V_{base} \leq V_{MR}$

Donde:

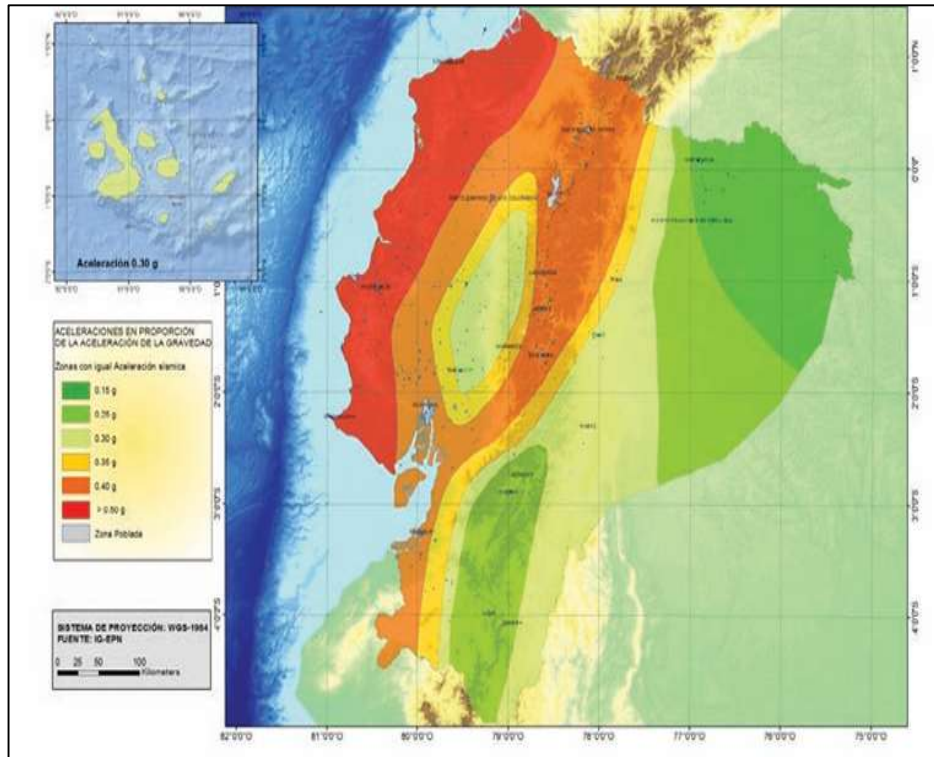
V_{base} : Resistencia demandada por el sismo de diseño

V_{MR} : Resistencia lateral de la estructura (CAMICON, 2014, p. 24)

“El mapa de zonificación sísmica utilizado para determinar la V_{base} se establece a partir del análisis de riesgo sísmico correspondiente a un período de retorno de 475 años, incorporando una aceleración sísmica en roca de 0,5 g en la región costa, característica de la zona VI.” (CAMICON, 2014, p. 25)

Figura 1

Mapa de zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z



Nota: (CAMICON, 2014, p. 25)

A continuación, se exponen los valores del factor Z de acuerdo a las zonas sísmicas del mapa correspondiente a la figura 1:

Tabla 8

Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	$\geq 0,50$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota: La fuente bibliográfica corresponde al NEC – SE – VIVIENDA (CAMICON, 2014, p. 25)

De acuerdo con el mapa de zonas sísmicas, prácticamente la totalidad del territorio ecuatoriano está catalogado como de alta amenaza sísmica, a excepción de la zona del nororiente que presenta una amenaza sísmica de tipo intermedia.

De acuerdo al Código NEC – SE – VIVIENDA (2014)

La V_{base} , también denominada como carga cortante basal sísmica se la determina de acuerdo a la siguiente expresión:
$$V_{base} = \frac{Z * C * W}{R}$$

Donde:

“Z: Factor de zona cuyo valor dependerá de la ubicación geográfica del proyecto y su correspondiente zona sísmica. Su valor está determinado por el mapa de zonas sísmicas y la tabla 8”.

C: Coeficiente de respuesta sísmica (tabla 9)

W: Peso sísmico efectivo de la estructura cuyo valor equivale a la suma entre la carga muerta total de la estructura y el 25% de la carga viva de piso.

R: Factor de reducción de resistencia sísmica (tabla 10) (CAMICON, 2014, p. 26)

Tabla 9

Coeficiente de respuesta sísmica

Zona geográfica	C
<i>Litoral y Galápagos</i>	<i>2,4</i>
<i>Sierra y Amazonía</i>	<i>3</i>

Nota: (CAMICON, 2014, p. 26)

Tabla 10

Coefficientes "R" de respuesta estructural para diferentes sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas

<i>Sistema estructural</i>	<i>Materiales</i>	<i>Coefficiente R</i>	<i>Limitación en altura (número de pisos)</i>
<i>Pórticos resistentes a momento</i>	<i>Hormigón armado son secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC – SE -HM reforzado como acero laminado en caliente</i>	3	2 (b)
	<i>Hormigón armado son secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC – SE -HM con armadura electro soldada de alta resistencia</i>	2,5	2
	<i>Acero doblado en frío</i>	1,5	2 (b)
<i>Muros portantes</i>	<i>Mampostería no reforzada y confinada (c)</i>	1	1
	<i>Mampostería enchapada con malla de acero (a)</i>	1,5	2(b)
	<i>Adobe y tapial reforzado</i>	1,5	2
	<i>Bahareque</i>	1,5	2
	<i>Mampostería reforzada</i>	3	2 (b)
	<i>Mampostería confinada</i>	3	2 (b)
	<i>Muro de hormigón reforzado</i>	3	2 (b)
	<i>Muros livianos de acero</i>	1,5	2
	<i>Muro de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno (a)</i>	1,5	2 (b)

“Nota: a) El espesor mínimo del mortero deberá ser de 3 cm por cada lado del enchape.

- a) Cuando dichos sistemas superen los dos pisos y las luces sean mayores a 3,50 m, el diseño se regirá por las siguientes normativas: NEC-SE-DS, NEC-SE-HM, NEC-SE-AC, NEC-SE-MP
- b) La mampostería no reforzada y no confinada estará limitada a una planta con cubierta liviana y no será construida en zonas donde la sismicidad sea media o alta.”
(CAMICON, 2014, p. 27)

c) Dosificación del hormigón de acuerdo a la normativa ACI - 318

Los pasos para dosificar la cantidad de concreto requerida para soportar la resistencia a los esfuerzos de compresión vienen sintetizadas en la siguiente secuencia:

Diseño del revenimiento

Determinación del tamaño máximo de la grava (agregado grueso)

Determinación de la cantidad de agua

Determinación de la relación agua – cemento

Determinación de la cantidad de cemento

Determinación de la cantidad de grava y arena

Efectuar la corrección por humedad y absorción

El revenimiento o asentamiento se lo determinará de acuerdo con el tipo de estructura a construirse. En la tabla 11 se exponen los principales revenimientos:

Tabla 11

Revenimientos utilizados en los diferentes tipos de estructuras de hormigón

<i>Construcción de hormigón</i>	<i>Revenimiento (mm)</i>	
	<i>Máximo*</i>	<i>Mínimo</i>
<i>Zapatas y muros de cimentación reforzado</i>	75	25
<i>Zapatas, cajones y muros de sub estructura sin refuerzo</i>	75	25
<i>Vigas y muros reforzados</i>	100	25
<i>Columnas de edificios</i>	100	25
<i>Pavimentos y losas</i>	75	25
<i>Concreto masivo</i>	75	25

*Nota: * Se puede aumentar 25 mm para los métodos de consolidación manuales tales como el varillado o el picado. (American Concrete Institute (ACI), 2015, p. 34)*

El tamaño máximo del agregado grueso vendrá dado de acuerdo a los resultados del análisis de granulometría efectuados en el laboratorio.

En cuanto a la granulometría de los agregados, el tamaño máximo nominal del agregado grueso se define como una medida inferior a aquella por la cual debe pasar el 100 % del material. Por ejemplo, si se especifica un tamaño máximo de 1 pulgada, todo el material debe atravesar el tamiz inmediatamente superior (1 ½ ") y, en su mayoría (entre el 90 % y el 100 %), el tamiz de 1 ". Por otro lado, el tamaño mínimo corresponde a la abertura máxima del tamiz en la que pase menos del 15 % del peso del material o en la que este quede totalmente retenido. Una vez establecidos estos parámetros de referencia, la tabla 12 presenta los requisitos de gradación del agregado grueso y fino conforme a la norma ASTM C33:

Tabla 12

Requisitos de gradación para los agregados de acuerdo a la norma ASTM C33

Tamaño nominal	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4"	3"	3"	2"	2"	1"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N.-4	N.-8	N.-16
	100	1/2"	75	1/2"	50	1/2"	25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18
	mm	90	mm	63	mm	37,5	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
		mm		mm		mm							
3 1/2" a 1 1/2"	100	90- 100		25- 60		0-15		0-5					
2 1/2" a 1 1/2"			100	90- 100	35- 70	0-15		0-5					
2" a N.-4				100	95- 100		35- 70		10- 30		0-5		
1 1/2" a N.-4					100	95- 100		35- 70		10- 30	0-5		
1" a 3/8"						100	90- 100	40- 85	10- 40	0-15	0-5		
1" a N.-4						100	95- 100		25- 60		0-10	0-5	
3/4" a N.-4							100	90- 100		20- 55	0-10	0-5	
2" a 1"				100	90- 100	35- 70	0- 15		0-5				
1 1/2" a 3/4"					100	90- 100	20- 55	0-10	0-5				
1" a 1/2"						100	90- 100	20- 55	0-10	0-5			

3/4" a 3/8"	100	90- 100	20- 55	0-15	0-5	
1 1/2" a N.-4		100	90- 100	40- 70	0-15	0-5
3/8" a N.-8			100	85- 100	10- 30	0-10 0-5

Nota: La fuente bibliográfica corresponde (ASTM, 2015, p. 18)

Para la determinación del agua de mezclado necesaria en el concreto se recurrirá a la tabla 13 en donde se ubicará el revenimiento necesario en obra junto con el tamaño del agregado grueso a ser empleado. La referida tabla está sub dividida en dos casos, cuando el concreto tiene aire incluido en la mezcla y otro cuando no lo tiene (al igual que en el caso de la tabla 14), también se la empleará al momento de dosificar la cantidad de agregado fino (arena) en donde para ello es necesario hallar un porcentaje de aire atrapado en la mezcla, entonces, de acuerdo al valor del revenimiento y el tamaño del agregado grueso se asignará el respectivo volumen de aire confinado, mismo que equivale a una fracción porcentual de 1m³ de hormigón.

Tabla 13

Valores de la cantidad de agua de mezclado de acuerdo a los revenimientos y el tamaño del agregado grueso

REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLA Y CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES REVENIMIENTOS Y TAMAÑOS NOMINALES DEL AGREGADO									
<i>Agua, kilogramo por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregado grueso indicados</i>									
Revenimiento									
(mm.)		9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO									
25	50	207	199	190	179	166	154	130	113
75	100	228	216	205	193	181	169	145	124
150	175	243	228	216	202	190	178	160	
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto									
		3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO									
25	50	181	175	168	160	150	142	122	107
75	100	202	193	84	175	165	157	133	119
150	175	216	205	197	184	184	166	154	
Porcentaje del contenido de aire total recomendado para el nivel de exposición (%)									
Exposición leve		4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Exposición moderada		6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Exposición severa		7,5	7	6	6	5	5	4,5	4

Nota: (American Concrete Institute (ACI), 2015, p. 38)

Para determinar la relación agua – cemento se recurrirá a los valores establecidos en la tabla 14 de acuerdo a los diferentes tipos de resistencia de la mezcla de concreto a los 28 días:

Tabla 14

Valores de relación agua-cemento para obtener determinadas resistencias

Resistencia a la compresión a los 28 días (Mpa)	Relación agua - cemento	
	Sin aire	Con aire
45	0,41	0,31
40	0,45	0,36
35	0,48	0,40
30	0,54	0,46
28	0,57	0,48
25	0,62	0,53
21	0,68	0,59
20	0,70	0,61
15	0,80	0,72
14	0,82	0,74

Nota: En caso que la resistencia a la compresión requerida sea mayor a los valores de la tabla, es recomendable ya sea efectuar ensayos complementarios o bien sustentarse en trabajos anteriores para poder seleccionar la relación agua – cemento de forma precisa. (American Concrete Institute (ACI), 2015, p. 40)

Para la obtención de la cantidad de cemento, entonces, bastará relacionar la cantidad de agua obtenida con el valor de la relación agua cemento hallada en la tabla 14.

Para determinar la cantidad de grava, se recurrirá a la tabla 15 en donde se relaciona el tamaño máximo del agregado grueso con el módulo de finura del agregado fino, o sea, se ubicará el valor del módulo de finura obtenido en el laboratorio con el tamaño máximo del agregado a

utilizarse. La cantidad de grava requerida, entonces, vendrá siendo el valor del producto entre el peso volumétrico obtenido en el laboratorio y el valor del volumen hallado en la referida tabla, misma que se expone a continuación:

Tabla 15

Valores del volumen del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto en función de su tamaño máximo y el módulo de finura del agregado fino

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino			
	2,4	2,6	2,8	3,0
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Nota: Los valores corresponden al volumen del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto equivalentes al módulo de finura del agregado fino de acuerdo a su tamaño máximo nominal. La bibliografía corresponde a (American Concrete Institute (ACI), 2015, p. 40)

En lo que respecta al siguiente paso, la obtención del agregado fino o arena, esta operación tiene un poco más de complejidad con relación a las anteriores. Primero es necesario determinar el volumen parcial de la mezcla sin la arena, o sea, en base a la cantidad de material obtenido en los pasos previos a este, no obstante, es necesario determinar un porcentaje del volumen de aire atrapado, por lo que se recurrirá nuevamente a la tabla 14 donde por debajo de los valores de los revenimientos se tienen los porcentajes de aire para cada tamaño máximo del

agregado grueso, el valor hallado vendrá siendo el equivalente del volumen de aire atrapado en un metro cúbico de hormigón (1000 lt). Una vez que se ha hallado el volumen de aire atrapado se procederá a hallar el valor de los volúmenes de los demás materiales para posteriormente efectuar la respectiva suma teniendo como resultado el volumen parcial de una unidad de volumen de hormigón, entonces, para determinar el volumen de arena bastará con efectuar la diferencia entre el volumen total (la unidad) y el volumen parcial, el peso por tanto se obtendrá realizando el producto entre el peso específico de la arena y el volumen obtenido en la diferencia.

En el paso final, se efectuará la corrección tanto por humedad como por absorción de la arena y la grava, para ello deberán determinarse sus respectivas fracciones de peso del agua que se evapora (humedad) y las del agua que absorben (absorción).

d) Asignación del acero de refuerzo en columnas

1.- Refuerzo longitudinal

De acuerdo al código NEC – SE – Vivienda, (2014)

“El refuerzo longitudinal debe contar con un mínimo de cuatro barras, el área total de este refuerzo debe ser al menos 0,0075 veces el área de la sección bruta del elemento y en ningún caso el refuerzo longitudinal podrá ser inferior al necesario para resistir los esfuerzos establecidos en el diseño. Si se emplea acero con un esfuerzo de fluencia especificado superior a 420 MPa (4200 kg/cm²), la cuantía de acero obtenida podrá reducirse multiplicándola por el factor 420/f_y en MPa (4200/f_y en kg/cm²).” (CAMICON, 2014, p. 138)

En lo referente a la proporción máxima del refuerzo longitudinal requerida, se deberá cumplir con el siguiente requisito normativo: $0,01 \leq \frac{\rho g}{A_g} \leq 0,03$

Dónde ρg es el área del refuerzo longitudinal y A_g es el área bruta de la sección

2.- Refuerzo transversal

De acuerdo al código NEC – SE – HM, (2014)

“Se deberá emplear refuerzo transversal formado por estribos cerrados con un diámetro mínimo de 6 mm. En caso de utilizar armadura electrosoldada, el diámetro mínimo permitido para los estribos será de 4 mm. La separación entre estribos no deberá exceder 1,5 veces la menor dimensión de la sección del elemento ni ser mayor a 200 mm. Además, la cuantía de refuerzo transversal no podrá ser inferior a la necesaria para resistir los esfuerzos establecidos en el diseño.” (CAMICON, 2014, p. 138)

“En las columnas, el confinamiento del hormigón será muy riguroso. El confinamiento tendrá una longitud L_o , misma que será medida a partir de la cara de cada nudo de unión con la viga, así como en ambos lados de cualquier sección donde en donde sea probable la generación de rótulas plásticas a consecuencia de las acciones sísmicas. La longitud L_o no podrá ser menor que:

La sexta parte de la luz libre del elemento

La máxima dimensión de su sección transversal

450 mm” (CAMICON, 2014, p. 53)

En lo que respecta a la separación de estribos se tiene lo siguiente:

De acuerdo al código NEC – SE – Vivienda (2014)

El refuerzo transversal se dispondrá a través de espirales que pueden ser sencillas o traslapadas, estribos cerrados de confinamiento que pueden ser ya sea circulares o rectilíneos provistos o no de ganchos suplementarios. Está permitido el uso de ganchos suplementarios de diámetro de barra ya sea igual o menor con idéntico espaciamiento de la armadura transversal cerrada de confinamiento. (CAMICON, 2014, p. 54)

De acuerdo al código NEC – SE – HM (2014)

“Los extremos de los ganchos suplementarios consecutivos deberán de alternarse a lo largo del refuerzo longitudinal. El espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas con estribos de confinamiento rectilíneos h_x dentro de una sección del elemento no deberá exceder de 350 mm centro a centro.” (CAMICON, 2014, p. 54)

La separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no deberá de exceder el menor de los siguientes valores:

La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento

Seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

Donde:

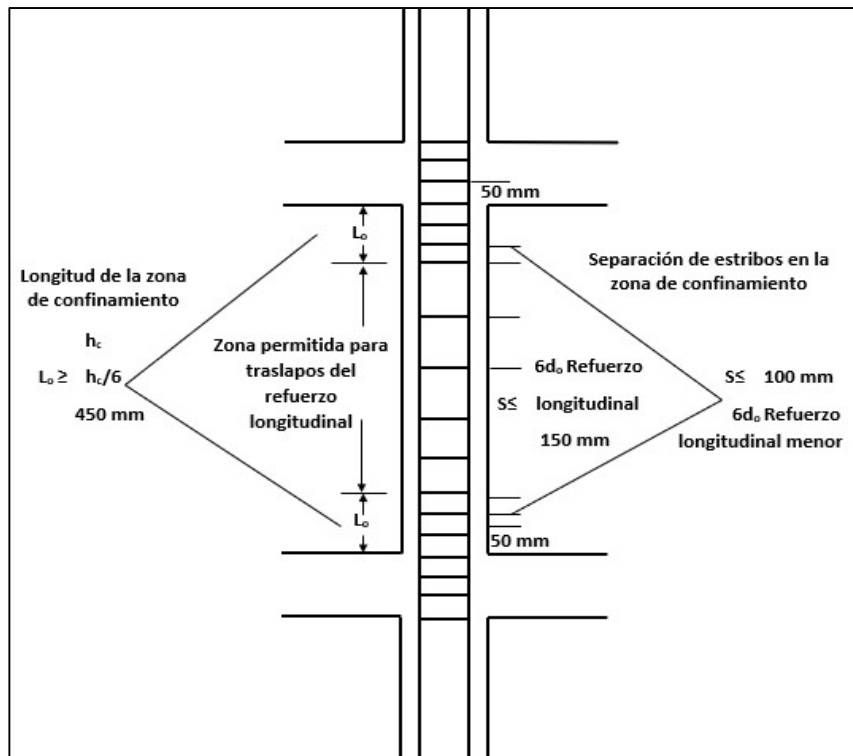
S_o : Espaciamiento centro a centro del refuerzo transversal dentro de una longitud L_o (mm). S_o no deberá ser mayor a 150 mm, así como no es necesario tomarlo menor a 100 mm.

h_x : Espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas de confinamiento rectilíneos.

La disposición genérica del refuerzo transversal se esquematiza en el diagrama representado en la figura 2:

Figura 2

Disposición genérica de separación de estribos



Nota: La referencia corresponde a (CAMICON, 2014, p. 55)

En lo referente a la cuantía del refuerzo transversal, el área del refuerzo en forma de estribos de confinamiento rectangulares no podrá ser menor a las siguientes:

- $$A_{sh} = 0,3 * \frac{s * bc * f'c}{fy} * \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

- $$A_{sh} = 0,09 * \frac{s * bc * f'c}{fy}$$

Dónde:

A_{sh} : Área total de las varillas que forman los estribos y amarres suplementarios con separación s y perpendicular a la dimensión b_c (mm²).

S : Separación centro a centro entre estribos (mm)

b_c : Distancia máxima medida centro a centro entre las esquinas del estribo (mm)

De acuerdo al código NEC – SE – HM (2014)

“Además de la longitud L_o , el resto de la columna deberá incluir refuerzo de estribos cerrados para confinamiento, con un espaciamiento s medido de centro a centro que no supere el menor valor entre seis veces el diámetro de las barras longitudinales de la columna o 150 mm, salvo que lo indicado en el Capítulo 21 del ACI 2018 exija una mayor cantidad de refuerzo transversal.”. (CAMICON, 2014, p. 56)

Además de la especificación anterior, se tienen estas adicionales:

De acuerdo al código NEC – SE – HM (2014)

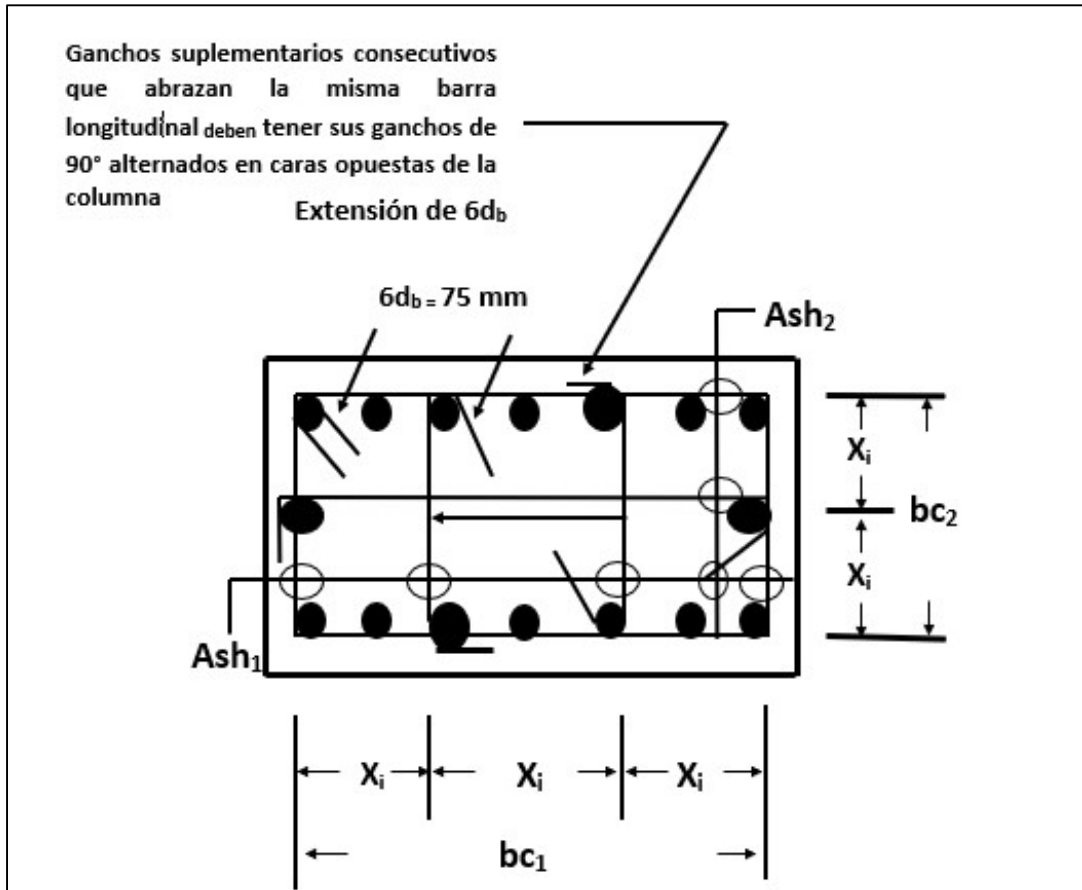
“La distancia máxima s entre los estribos del refuerzo no deberá exceder seis veces el diámetro más pequeño del refuerzo longitudinal, ni superar los 100mm en longitud.”

“En las zonas fuera de L_o , la distancia máxima entre estribos del refuerzo no deberá superar seis veces el diámetro más pequeño del refuerzo longitudinal, ni exceder los 200mm.”

“Cuando alguna dimensión del elemento sea igual o superior a 500 mm, se deberán colocar varillas longitudinales con amarres suplementarios a lo largo de la dirección perpendicular al eje longitudinal del elemento, manteniendo una separación máxima de 350 mm.”(CAMICON, 2014, p. 56)

Figura 3

Disposición genérica de refuerzo transversal en columnas



Nota: La referencia corresponde a (CAMICON, 2014, p. 57)

De acuerdo al código NEC – SE – HM (2014)

No se permitirán traslapos de varillas en regiones cuyo confinamiento sea de carácter especial.

En estructuras de cualquier tipo que no cumplan el requisito de regularidad en altura, se deberá de proveer de armadura de confinamiento especial. (CAMICON, 2014, p. 57)

3.1.2. Análisis de los datos

a) Dosificación de concreto

Para esta fase se expondrá un ejemplo práctico de una situación común en muchas obras donde se requiere calcular la dosificación de hormigón para que cumpla con una determinada resistencia a los esfuerzos de compresión.

Se necesita colar una losa con un asentamiento adecuado. Los análisis realizados determinan que la estructura no estará sometida a la intemperie ni a ambientes agresivos (concreto sin incorporación de aire). El diseño estructural especifica una resistencia a la compresión de 21 MPa a los 28 días. Además, las condiciones de separación del acero de refuerzo y la dimensión mínima del elemento establecen que el tamaño máximo del agregado sea de 19 mm (3/4"). Con estos criterios, se debe realizar la dosificación del concreto que cumpla con las exigencias indicadas. Las características de los materiales disponibles son las siguientes:

Agregado grueso

- **Peso específico:** 2400 Kg/m³
- **Peso volumétrico:** 1570 Kg/m³
- **Índice de absorción:** 3,18 %
- **Índice de humedad:** 1,4%

Agregado fino

- **Peso específico:** 2530 Kg/m³
- **Módulo de finura:** 2,5
- **Índice de absorción:** 4,78%
- **Índice de humedad:** 8%

Como datos complementarios, se señala que no se requiere el uso de aditivos, el agua a utilizarse en la mezcla es del acueducto (1000 Kg/m³, misma que se asume que es limpia y clara, y el tipo de cemento es Portland Tipo I con una densidad de 3100 Kg/m³.

a1) Solución

Para determinar el asentamiento se recurre a la tabla 11, en donde se especifica que para losas el asentamiento máximo es de 75 mm (7,5 cm), el tamaño máximo del agregado está determinado (19 mm). Se procede a hallar la cantidad de agua requerida para una unidad de concreto (1Kg), para ello se recurre a la tabla 13 en donde para un asentamiento de 75 mm y un agregado de tamaño máximo de 19 mm la cantidad de agua requerida corresponde a 205 Kg/m³.

Una vez hallada la cantidad de agua para 1Kg de concreto, se procede a determinar la relación agua – cemento, para ello se recurre a la tabla 14 en donde para una resistencia a la compresión requerida de 21 Mpa para una mezcla de concreto sin aire, la relación tiene un valor de 0,68.

Conocido el valor de la relación agua cemento, se procede a hallar la cantidad de cemento. Como ya se averiguó la cantidad de agua requerida, entonces se relacionarán ambos valores conocidos:

$$\frac{205}{X} = 0,68 \rightarrow X = 301,47 \text{ (Kg cemento por 1 m}^3 \text{ de concreto)}$$

El siguiente paso, luego de conocer la cantidad de agua y cemento, es el de determinar la cantidad de grava, para ello se recurre a la tabla 15 en donde se relacionará el módulo de finura del agregado fino con el tamaño máximo del agregado grueso (grava), como el dato corresponde a un valor de 2,5, es necesario interpolar obteniendo así un volumen de grava de 0,65, entonces,

para poder hallar la cantidad de grava, no se hace otra cosa que hallar el producto entre el peso volumétrico del agregado grueso y el volumen hallado:

$$C.D.G = 1570 \left(\frac{Kg}{m^3}\right) * 0,65(m^3) = 1020,5 (Kg \text{ grava})$$

Una vez que se tienen los valores del agua y la grava, se procederá a determinar la cantidad de agregado fino, sin embargo, para ello es necesario determinar previamente una fracción del volumen de aire que inevitablemente puede quedar confinado en la mezcla de concreto, entonces, recurriendo nuevamente a la tabla 13, para el agregado grueso de 19 mm en una mezcla de concreto sin aire incluido se estima un 2% de aire confinado, cantidad equivalente a 20 litros de aire en un metro cúbico de hormigón. Entonces, para determinar la cantidad de agregado fino, se procede del siguiente modo:

Tabla 16

Determinación del volumen parcial de mezcla con aire confinado

Material	Peso (Kg)	Densidad (Kg/l)	Volumen (l)
Agua	205,00	1,00	205,00
Cemento	301,47	3,10	97,25
Grava	1020,5	2,40	425,21
Aire			20,00
TOTAL			747,46

Nota: Elaboración propia

El volumen de arena, por tanto, se lo determina efectuando la diferencia entre la unidad de volumen y el hallado en la tabla 16, entonces:

$$\text{Vol. Arena req.} = 1000 - 747,46 = 252,54 (l)$$

$$\rightarrow C.D.A = 2,53 (Kg/l) * 252,54 (l) = 638,93 (Kg)$$

Finalmente se procede a efectuar la corrección por humedad y absorción tanto de la grava como de la arena. En esta operación se determinarán las fracciones de peso que despiden agua y que absorben en base a sus respectivos índices. Al final, el total de la mezcla tiene que ser igual a la suma en condiciones iniciales.

Tabla 17

Dosificación definitiva del material luego de las respectivas correcciones por humedad y absorción

	Proporción base (Kg)	Humedad		Absorción		Proporción real (Kg)
		(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	
Cemento	301,47	0	0	0	0	301,47
Arena	638,93	8	51,11	3,18	-20,32	659,51
Grava	1020,5	1,4	14,29	3,18	-32,45	1002,34
Agua	205,00		-65,4		52,77	202,59
TOTAL	2165,9					2165,9

Nota: Elaboración propia

Para dosificar los cilindros de prueba, se proporcionarán las cantidades necesarias en base al número de probetas necesarias para efectuar el ensayo. Al ser las dimensiones de un cilindro de prueba las siguientes, diámetro: 15 cm, altura: 30 cm, entonces, su volumen es igual a $5,301 \cdot 10^{-3}$ m³, entonces, sus proporciones vendrán siendo las siguientes:

Tabla 18 *Proporciones de material para un cilindro de ensayo*

Material	Peso (Kg)
Cemento	1,60
Arena	3,50
Grava	5,31
Agua	1,07

Nota: Elaboración propia

a2) Comprobación en hoja electrónica

En el modelo de la hoja electrónica propuesta se incluyen las tablas 11, 13, 14 y 15 bajo las cuales se han programado las funciones que permitirán calcular las cantidades de los componentes que conforman la mezcla de hormigón. La base de datos queda así:

Figura 4.

Base de datos de ingreso de la hoja electrónica

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN (Mpa):	21
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES	
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO (T/m ³)	3,1
MÓDULO DE FINURA DE LA ARENA	2,5
PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA (Kg/l)	2,53
ABSORCIÓN DE LA ARENA (%)	4,78
HUMEDAD DE LA ARENA (%)	8
PESO ESPECÍFICO DE LA GRAVA (Kg/l)	2,4
TAMAÑO MÁXIMO DE LA GRAVA (mm.)	19
PESO VOLUMÉTRICO DE LA GRAVA (Kg/m ³)	1570
ABSORCIÓN DE LA GRAVA (%)	3,18
HUMEDAD DE LA GRAVA (%)	1,4

Nota: Elaboración propia

En lo que respecta al revenimiento, en otra base de datos se ingresa este único valor y debajo de este aparecerán calculados automáticamente los parámetros de dosificación como se expone en el bosquejo de la figura 5.

Figura 5.

Parámetros de dosificación calculados en la hoja electrónica propuesta

PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN	CANTIDAD
REVENIMIENTO (cm.)	10
TAMAÑO MÁXIMO DE LA GRAVA (mm.)	19
CANTIDAD DE AGUA (Kg/m ³)	205
RELACIÓN AGUA/CEMENTO	0,68
VOLUMEN DE LA GRAVA POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO	0,65
VOLUMEN DE AIRE	0,02

Nota: Elaboración propia

Al final, los resultados aparecerán calculados automáticamente en la interfaz que se expone a continuación:

Figura 6

Valores obtenidos para la dosificación de hormigón en la hoja electrónica

PROPORCIÓN	REVENIMIENTO (cm.)			HUMEDAD			
	2,5 - 5,0	7,5 - 10,0	15,0 - 17,5	%	Kg (2,5 - 5,0)	Kg (7,5 - 10,0)	Kg (15,0 - 17,5)
CEMENTO		301,47					
ARENA		638,93		8		51,11	
GRAVA		1020,5		1,4		14,29	
AGUA		205				-65,40	
TOTAL		2165,90					

ABSORCIÓN			PROPORCIÓN REAL (Kg/m3)			
%	Kg (2,5 - 5,0)	Kg (7,5 - 10,0)	Kg (15,0 - 17,5)	(2,5 - 5,0)	(7,5 - 10,0)	(15,0 - 17,5)
					301,47	
4,78		-30,54			659,51	
3,18		-32,45			1002,34	
		62,99			202,59	
					2165,90	

Nota: Elaboración propia

Como se puede observar, los resultados obtenidos de forma automática son muy semejantes a los obtenidos de forma convencional en a₁, se pueden apreciar algunas variaciones en los centésimos, pero no afectan sustancialmente a los resultados, por lo que estos son fiables. Para efectuar el ensayo de resistencia en una probeta cilíndrica, la hoja determinará de forma automática los valores de dosificación de materiales como se lo expone a continuación:

Figura 7.

Dimensiones de un cilindro de ensayo en la hoja electrónica

PARA UN CILINDRO DE ENSAYO :	DIMENSIONES:
Diámetro (cm) (\emptyset) :	15
Altura (cm) (h):	30
Volúmen (m3):	0,00530145

Como podrá observarse en la figura 8, los resultados para la dosificación de concreto en una probeta cilíndrica de ensayo son semejantes a los obtenidos en a₁ y que se muestran en la tabla 18, de forma complementaria, la hoja electrónica determinará, además, de forma automática, la dosificación de los materiales correspondientes en un número de cilindros determinados de acuerdo a las circunstancias que los exijan.

Figura 8.

Dosificación de material para un número determinado de cilindros de ensayo

				PARA "n" CILINDROS:			
				"n" :	20		
DOSIFICACIÓN	(2,5 - 5,0)	(7,5 - 10)	(15,0 - 17,5)	DOSIFICACIÓN	(2,5 - 5,0)	(7,5 - 10,0)	(15,0 - 17,5)
CEMENTO (Kg):		1,60		→		31,96	
ARENA (Kg) :		3,50		→		69,93	
GRAVA (Kg) :		5,31		→		106,28	
AGUA (Kg) :		1,07		→		21,48	
TOTAL (Kg) :		11,48		→		229,65	

Nota: Elaboración propia

El número de cilindros requeridos se los determinará de acuerdo a la magnitud e importancia de la obra en donde se empleará el hormigón a ser dosificado. Se podrá dosificar además de acuerdo a un volumen de base en el cual se determine la mezcla para las distintas estructuras que conformará la obra, quedando esto a criterio de los contratistas y consultores, mismos que deberán determinar el referido volumen de acuerdo a las diferentes condiciones que definan la marcha de la ejecución del proyecto.

a3) Posibles causas de desperdicio de mezcla de concreto en obra

Una vez que se han expuesto los métodos de dosificación de materiales para elaborar la mezcla de concreto tanto de forma manual como de forma automática, se procederá a formular las posibles causas que originan el desperdicio de mezcla de concreto durante la ejecución de las obras y las posibles maneras de evitarlo o reducirlo al máximo.

- **Inadecuadas maniobras en los procesos de vertido y colocación:** Luego del proceso de mezclado, al momento de sacar a la mezcla de la tolva de la concreteira, una parte de ella se queda adherida a las paredes de la misma siendo en una gran mayoría de casos no aprovechada por los albañiles llegando a fraguarse en la tolva ocasionando así considerables desperdicios del volumen original de mezcla que podrían resultar aprovechables, además de que una vez fraguados esos residuos pueden deteriorar a la tolva en sí. Para evitar en lo posible este tipo de desperdicios, es recomendable vigilar durante todo el lapso de tiempo en el que transcurre el vertido al encofrado de que gran parte del mezclado sea sacada de la tolva mientras la que quede adherida a esta se la remueva de las paredes antes que comience a fraguarse, siendo lo más aconsejable lavar a la tolva inmediatamente después de que se haya vertido la mezcla de concreto para de este modo aprovechar el enjuague removiendo los restos de mezcla que hayan quedado adheridos. Al momento de verter el hormigón fresco al encofrado, se tendrá precaución cuando este penetre de manera que la caída sea uniformemente distribuida y no se desperdigue la mezcla por diferentes direcciones originando una muy posible fuga de esta en forma de salpicaduras que se expandan hacia fuera del encofrado generando así residuos que puedan llegar a fraguarse, para ello se usarán acanaladuras de acero que servirán de conductos, su superficie deberá estar limpia y en lo posible libre de

rugosidades que puedan retener fragmentos de la mezcla, por lo que luego cada operación se las deberá lavar de inmediato y antes del vertido se las deberá lubricar adecuadamente para facilitar el deslizamiento de la mezcla. Para evitar en la mayor medida posible los desperdicios, es aconsejable efectuar el vertido desde una altura que no sobrepase los 150 cm y cuidando de que la caída de la mezcla de concreto sea uniformemente distribuida debiendo tener precaución de que los agregados que la conforman no se queden atorados entre las varillas de acero. Al momento de distribuir la mezcla de hormigón para que se reparta uniformemente, se tomarán las debidas precauciones para que el proceso de vibrado sea preciso y eficiente, esto será posible mediante el uso correcto del vibrador en obra siguiendo debidamente las instrucciones de operación.

Figura 9.

Distintas fases del proceso de colocación de la mezcla de hormigón





(Civil Hacks , 2017)

- En el caso de áreas de menor extensión, una de las opciones para distribuir la mezcla de hormigón consiste en el uso de plastificantes disipadores de mezcla, para que esta técnica resulte efectiva se deberá de seguir las instrucciones y recomendaciones de uso de los fabricantes del producto empleando las dosificaciones asignadas en el mismo. Las maniobras mecánicas de distribución de la mezcla de hormigón deberán efectuarse de forma cuidadosa y ordenada para de este modo lograr una adecuada y óptima consistencia de la misma con muy mínimas fracciones de desperdicio.

a4) Aplicación práctica en el laboratorio

Con la intención de verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos en el presente trabajo, se ha procedido a efectuar la respectiva aplicación de la herramienta diseñada en base a la normativa ACI 318 para de este modo corroborar su efectividad en el desarrollo de la ejecución de las obras.

A continuación, se sintetizarán las principales características de los materiales empleados en la aplicación práctica de la hoja de dosificación:

Tabla 19.

Principales características técnicas de los materiales

Planta evaluada	Pifo
	Agregado grueso
	Producto: Piedra N57
Materiales	Tamaño nominal: 19 (mm)
	Agregado fino
	Producto: Arena no lavada
Tipo de roca	Andesita
Módulo de elasticidad INEN 1573 – ASTM	
C39	27,40 Gpa
Resistencia a la compresión INEN 1573 –	
ASTM C39	267,80 Gpa

Nota: Elaboración propia

El cemento utilizado en la elaboración de la mezcla es Holcim tipo “fuerte” con un peso específico de 3100 (Kg/m³).

La información de estudio granulométrico de los materiales referenciados se expone en los anexos correspondientes.

Para el presente caso de estudio se trabajó con una resistencia de 21 Mpa para un asentamiento de 10 cm. Los datos ingresados a la hoja electrónica se exponen a continuación

Figura 10.

Base de datos de la hoja electrónica

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN (Mpa):	21
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES	
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO (T/m3)	3.1
MÓDULO DE FINURA DE LA ARENA	3.07
PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA (Kg/l)	2.55
ABSORCIÓN DE LA ARENA (%)	4.8
HUMEDAD DE LA ARENA (%)	5
PESO ESPECÍFICO DE LA GRAVA (Kg/l)	2.6
TAMAÑO MÁXIMO DE LA GRAVA (mm.)	19
PESO VOLUMÉTRICO DE LA GRAVA (Kg/m3)	1464
ABSORCIÓN DE LA GRAVA (%)	2.7
HUMEDAD DE LA GRAVA (%)	2.4

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos se exponen a continuación:

Figura 11.

Resultados obtenidos

PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN	CANTIDAD
REVENIMIENTO (cm.)	10
TAMAÑO MÁXIMO DE LA GRAVA (mm.)	19
CANTIDAD DE AGUA (Kg/m ³)	205
RELACIÓN AGUA/CEMENTO	0.68
VOLUMEN DE LA GRAVA POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO	0.593
VOLUMEN DE AIRE	0.02

Nota: Elaboración propia

Las cantidades de dosificación de material para 1 metro cúbico de mezcla son las siguientes:

Cemento: 301,47 (Kg)

Arena: 878,56 (Kg)

Grava: 865,55 (Kg)

Agua: 205,85 (Kg)

Los resultados obtenidos se los expone a continuación:

Figura 12.

Cantidades de material para la dosificación de la mezcla

PROPORCIÓN	REVENIMIENTO (cm.)			HUMEDAD			ABSORCIÓN			PROPORCIÓN REAL (Kg/m3)				
	2,5 - 5,0	7,5 - 10,0	15,0 - 17,5	%	Kg (2,5 - 5,0)	Kg (7,5 - 10,0)	Kg (15,0 - 17,5)	%	Kg (2,5 - 5,0)	Kg (7,5 - 10,0)	Kg (15,0 - 17,5)	(2,5 - 5,0)	(7,5 - 10, 0)	(15,0 - 17,5)
CEMENTO		301.47											301.47	
ARENA		876.81		5	43.84		4.8	-42.09					878.56	
GRAVA		868.152		2.4	20.84		2.7	-23.44					865.55	
AGUA		205			-64.68			65.53					205.85	
TOTAL		2251.43											2251.43	

Nota: Elaboración propia

La relación agua cemento viene siendo entonces: $A/C = 0,68$

A continuación, se exponen las diferentes fases del proceso de ensayo:

Figura 13.

Curado de las probetas cilíndricas de hormigón



Figura 14.

Diferentes fases del proceso de ensayo



Nota: Elaboración propia

En el primer ensayo teórico se llegó hasta una resistencia de 18 Mpa, en la segunda muestra se modificó la relación agua – cemento hasta llegar a un valor de 0,56 en donde se obtuvieron resultados cercanos y equivalentes a 21 Mpa. Las cantidades de dosificación ajustadas se exponen a continuación:

Figura 15.

Primera dosificación (relación a/c = 0,68)

RESUMEN PARA LA MEZCLA DE PRUEBA	
Cuántos cilindros de hormigón desea hacer	4
Volumen de hormigón a mezclar	0,02
Agua neta	4,60
Agua de mezcla	5,12
Cemento	6,76
Agregado fino	18,80
Agregado grueso	18,93

Figura 16.

Segunda dosificación (relación a/c = 0,56)

RESUMEN PARA LA MEZCLA DE PRUEBA	
Cuántos cilindros de hormigón desea hacer	4
Volumen de hormigón a mezclar	0,02
Agua neta	4,60
Agua de mezcla	5,10
Cemento	8,21
Agregado fino	18,23
Agregado grueso	18,36
Aditivo	

Nota: Elaboración propia

Figura 17.







Resultados obtenidos en el ensayo para las dos relaciones agua – cemento

ORDEN DE TRABAJO N°:		5835 H										
Probeta N°	1	2	3	4	5	6						
Identificación	-	-	-	-	-	-						
Descripción	M1	=	=	M2	=	=						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días	MPa <input type="checkbox"/> Kg/cm2 <input type="checkbox"/>	210	=	=	=	=	<					
Dureza del Neopreno utilizado		50	=	=	=	=	=					
Fecha de fabricación (día/mes/año)		16/07/25	=	=	=	=	=					
Fecha de ensayo (día/mes/año)		23/09/25	=	=	=	=	=					
Desviación de la Superficie de Carga (mm)		0,25	0,25	0,30	0,20	0,25	0,25					
Desviación al eje Transversal de la probeta (mm/100mm)		0	0	0	0	0	0					
Desviación al eje Longitudinal de la probeta (mm/100mm)		0	0	0	0	0	0					
Diámetro 1 (mm)		152,22	152,94	152,99	151,60	153,58	151,07					
Diámetro 2 (mm)		152,51	153,58	153,71	151,64	154,42	152,21					
Altura 1 (mm)		303	305	304	300	303	300					
Altura 2 (mm)		304	305	304	300	305	300					
Altura 3 (mm)		304	306	305	301	304	300					
Masa (Kg)		12,38	12,63	12,55	12,06	12,65	12,05					
Hora de ensayo (hh:mm)		15:00	15:03	15:06	15:09	15:12	15:15					
Carga máxima (KN)		269,2	275,1	268,7	361,1	389,2	387,0					
Tipo de falla		5	5	5	5	5	5					
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD												
PREPARA		PH	=	=	=	=	<					
ENSAYA		PH	=	=	=	=	=					
INFORME												

Nota: Elaboración propia

Figura 18.

Resultados definitivos

Probeta N° :	1	2	3	4	5	6
Identificación de la probeta*	Muestras curadas a 60°C (Curado acelerado)					
Descripción*	Dosificación Relación agua/cemento: 0,68			Dosificación Relación agua/cemento: 0,56		
Resistencia de diseño esperada a los 28 días (MPa)*	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
Fecha de fabricación*	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16
Fecha de ensayo*	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23
Edad (días)	7	7	7	7	7	7
Hora de ensayo	15:00	15:03	15:06	15:09	15:12	15:15
Diámetro 1 (mm)	152,22	152,94	152,99	151,60	153,58	151,07
Diámetro 2 (mm)	152,51	153,58	153,71	151,64	154,42	152,21
Diámetro promedio (mm)	152,25	153,25	153,25	151,50	154,00	151,75
Relación entre diámetros (%)	0,19	0,42	0,47	0,03	0,55	0,75
Altura promedio (mm)	304	305	304	300	305	300
Relación H/D	2,00	1,99	1,98	1,98	1,98	1,98
Área (mm ²)	18206	18446	18446	18027	18627	18086
Volumen (m ³)	0,0055	0,0056	0,0056	0,0054	0,0057	0,0054
Masa (kg)	12,38	12,63	12,55	12,06	12,65	12,05
Peso unitario (kg/m ³)	2240	2240	2240	2230	2230	2220
Carga máxima (KN)	269,2	275,1	268,7	361,1	389,2	387,0
Factor de corrección	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistencia a la Compresión (MPa)	14,8	14,9	14,6	20,0	20,9	21,4
Incertidumbre expandida (U), K=2, (MPa)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Tipo de Falla						
	5	5	5	5	5	5

Nota: Elaboración propia

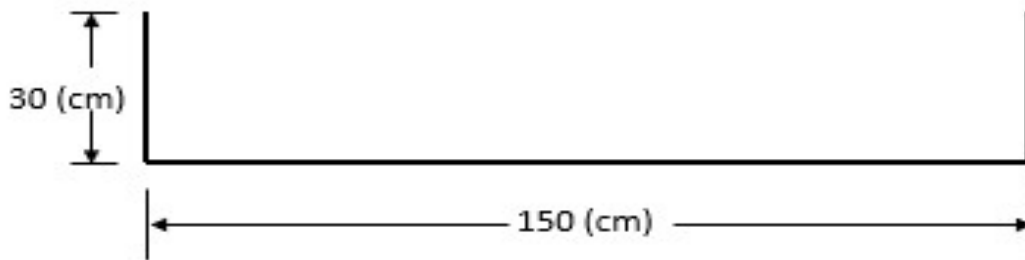
b) Cantidad de refuerzo de acero en plintos y columnas

b1) Rubro de acero en plintos

Asumiendo que se van a construir plintos cuadrados de 160 cm por lado con varillas de diámetro igual a 12 mm y un peralte de 60 cm, entonces, el refuerzo tanto en sentido longitudinal como transversal en ambos sentidos será como se expone en el esquema de la figura 10:

Figura 19.

Refuerzo longitudinal y transversal del plinto



Nota: Elaboración propia

Por tanto, la longitud de corte de una unidad de varilla será: $L_c = 2(30) + 150 = 210$ cm. Al haber ocho espacios de 20 cm de separación entre varillas, entonces, el número total de unidades de refuerzo será equivalente al número de espacios más uno, en este caso, nueve, por lo tanto, será un total de 18 varillas, 9 en sentido longitudinal y 9 en sentido transversal, la longitud total de corte será entonces: $L_{TC} = 18 * 2,1 = 37,8$ (m).

El peso total de las varillas vendrá siendo igual al producto del peso de una unidad por el número de varillas y la longitud total de corte, para el acero ϕ 12, el peso unitario es equivalente a 0,888, por tanto, para 18 varillas su peso total será: $P_{TC} = 18 * 2,1 * 0,888 = 33,57$ (Kg)

Un aspecto fundamental en la construcción es el referente a los desperdicios de material que inevitablemente llegarán a surgir, y de acuerdo con ello poder determinar la cantidad de material necesaria para compensar las pérdidas, para determinar el desperdicio, entonces, se procede de la siguiente forma:

Se determina el número de unidades que se sacarán de una varilla en base a la longitud de corte establecida, para el presente caso será: $\frac{12}{2,10} = 5,71$ Varillas, o sea, serán 5 unidades completas y 0,71 sobrantes, entonces, la longitud sobrante se la hallará efectuando el producto entre las unidades remanentes y la longitud de corte, o sea 2,10, por tanto:

$$L_{vs} = 0,71 * 2,10 = 1,491 \text{ (m)} \sim 1,50 \text{ (m)} \text{ (Desperdicio)}$$

El porcentaje de desperdicio, entonces, se lo determinará mediante la relación entre la longitud de varilla sobrante y la longitud total de varillas que pueden cortarse de 5 unidades, o sea:

$$\% \text{ desperdicio} = \frac{1,50 \text{ (m)}}{10,5 \text{ (m)}} * 100 = 14,29\%$$

La longitud optimizada de corte, por tanto, viene siendo el producto entre la longitud total de corte original y la fracción porcentual aumentada una unidad, o sea:

$$L_{co} = 37,8 * 1,143 = 43,20 \text{ (m)}$$

El peso optimizado de acero vendrá siendo entonces el resultado del producto entre el peso unitario de material por la longitud optimizada:

$$PT_o = 43,2 * 0,888 = 38,36 \text{ (Kg)}$$

El porcentaje de optimización vendrá siendo la relación entre la diferencia del peso optimizado y el peso original y el peso optimizado de acero:

$$\% \text{ optimización} = \frac{38,36 - 33,57 \text{ (Kg)}}{38,36 \text{ (Kg)}} * 100 = 12,49 \% \sim 12,5\%$$

Para determinar la longitud de alambre de unión entre varillas para conformar la parrilla de la base del plinto, primero de debe determinar el número de amarres, que no viene siendo más que el número de varillas en un sentido elevado al cuadrado, para el presente caso, entonces:

$$\# \text{ de amarres} = (\# \text{ varillas})^2 = (9)^2 = 81 \text{ amarres}$$

Al asumir que la longitud de amarre será de 20 cm, entonces, la longitud total de amarre vendrá siendo el resultado del producto entre el número de amarres y la longitud de amarre unitaria:

$$LT_A = 81 * 20 = 1620 \text{ cm} = 16,20 \text{ m}$$

El peso total del alambre vendrá siendo el resultado del producto entre su peso unitario y la longitud total de amarre, si el peso unitario fuera de 0,0095 (Kg/m), entonces:

$$PT_A = 0,0095 * 16,2 = 0,1539 \text{ (Kg)} = 153,9 \text{ (gr)}$$

Para estimar el desperdicio de alambre se recurre al siguiente procedimiento:

En base al peso total de alambre a ser empleado en los amarres, se determina el número de pedazos que se pueden cortar de un rollo de 20 Kg, entonces:

$$\# \text{ pedazos} = \frac{\text{Peso de un rollo de alambre}}{PTA} = \frac{20 \text{ (Kg)}}{0,1539 \text{ (Kg/U)}} = 129,95 \text{ unidades}$$

Para estimar el desperdicio, entonces, se hace la siguiente relación:

$$0,95 \text{ (U)} * \frac{0,1539 \text{ (Kg)}}{1 \text{ (U)}} = 0,14621 \text{ (Kg)} = 146,21 \text{ (gr)} \text{ (Desperdicio)} \rightarrow$$

$$129 \text{ (U)} * 0,1539 \text{ (Kg/U)} = 19,8531 \text{ (Kg)} \rightarrow$$

$$\% \text{ Desperdicio} = \frac{0,14621 \text{ (Kg)}}{19,8531 \text{ (Kg)}} * 100 = 0,74 \%$$

Una vez que se ha determinado el porcentaje de desperdicio de alambre, se determinará el peso optimizado mediante el producto entre el peso total de alambre original y la fracción porcentual más la unidad:

$$P_{AO} = 0,1539 \text{ (Kg)} * 1,01 = 0,155 \text{ (Kg)} = 155 \text{ (gr)}$$

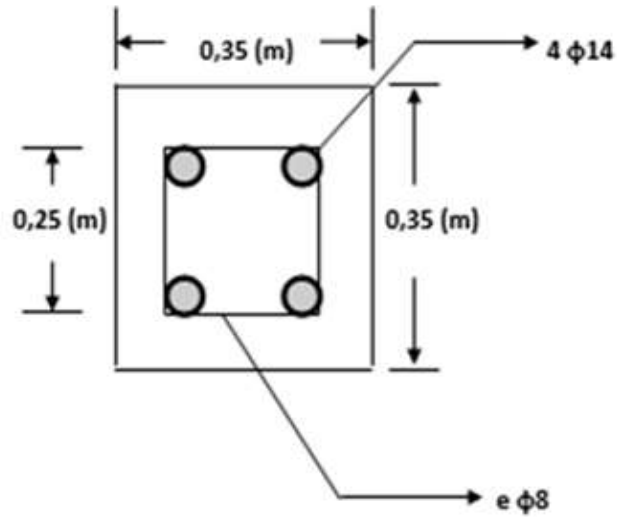
$$\% \text{ Optimización} = \frac{155 - 153,9 \text{ (gr)}}{155 \text{ (gr)}} * 100 = 0,71\%$$

b2) Rubro de acero en columnas

Considerando la construcción de columnas cuadradas de $30 \times 30 \text{ cm}^2$, con barras longitudinales de 14 mm y estribos de 8 mm, el diagrama de la sección transversal se muestra en la figura 11.

Figura 20.

Sección transversal de la columna de HA

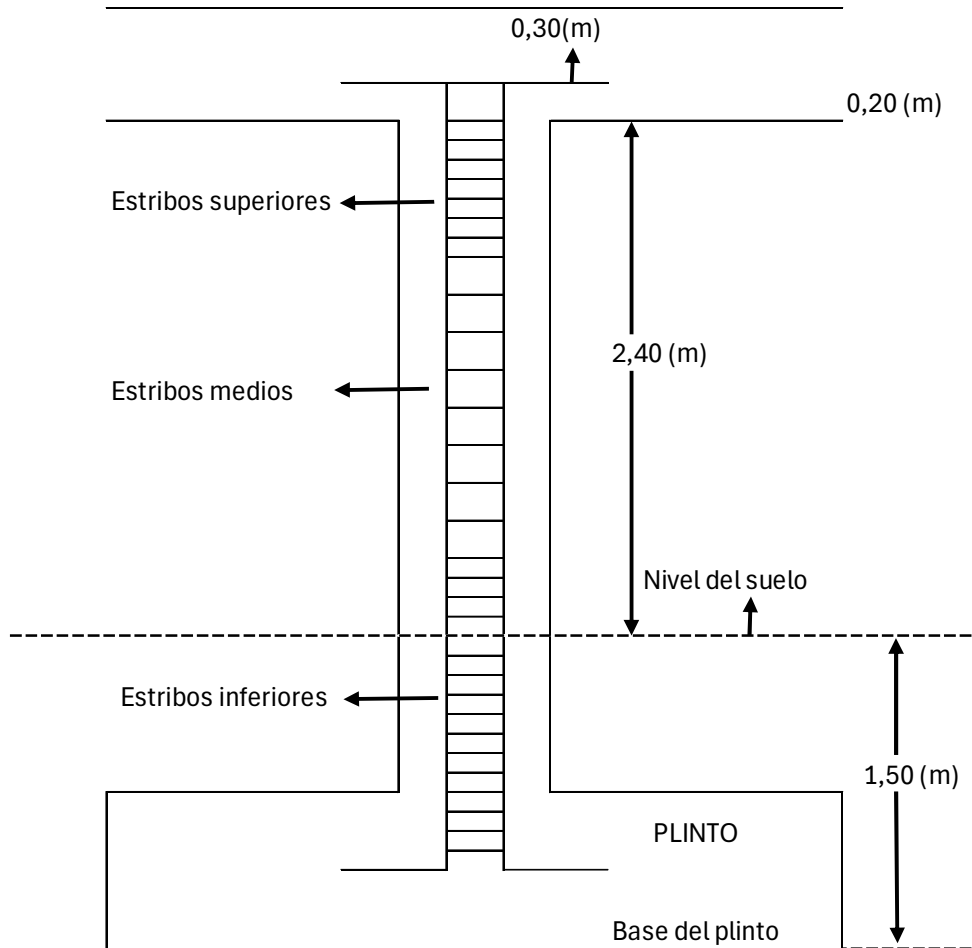


Nota: Elaboración propia

El esquema de la disposición de los aceros longitudinales y los estribos en sentido vertical se los expone en el bosquejo representado en la figura 12:

Figura 21.

Disposición de las varillas longitudinales y estribos



Nota: Elaboración propia

Una vez que se conoce la disposición de las varillas, se procede a determinar las dimensiones longitudinales, para el caso del acero longitudinal:

$$L = 2,40 + 1,50 + 0,2 = 4,10 \text{ (m)}$$

Las longitudes de desarrollo se las determina simplemente haciendo la suma entre las longitudes de los ganchos de los extremos superior e inferior, se asumirá que la longitud d desarrollo es de 30 cm, entonces:

$$L_{TV} = 4,10 + 0,6 = 4,70 \text{ (m)} \text{ (Longitud de corte de una varilla)}$$

$$L_{TCV} = 4 * 4,7 \text{ (m)} = 18,8 \text{ (m)} \text{ (Longitud total de corte)}$$

$$P_{CV} = 1,208 \text{ (Kg/m)} * 18,8 \text{ (m)} = 22,71 \text{ (Kg)} \text{ (Peso total de corte)}$$

Para determinar los desperdicios y optimizar la longitud y peso del acero, se procede en idéntica forma que, en el caso de las varillas de plintos, entonces:

$$\frac{12 \text{ (m)}}{4,70 \text{ (m)}} = 2,553 \text{ varillas (2 completas y 0,553 sobrantes)} \rightarrow$$

$$L_{VS} = 0,553 * 4,70 = 2,60 \text{ (m)} \text{ (desperdicio)} \rightarrow \% \text{ desperdicio} = \frac{2,60 \text{ (m)}}{9,40 \text{ (m)}} * 100 = 27,66\%$$

$$\rightarrow L_{VO} = 4 * 4,7 \text{ (m)} * 1,277 = 24,01 \text{ (m)} \text{ (Longitud optimizada de corte)} \rightarrow$$

$$P_{OV} = 1,208 \text{ (Kg/m)} * 24,01 \text{ (m)} = 29 \text{ (Kg)} \text{ (Peso optimizado de corte)} \rightarrow$$

$$\% \text{ de optimización} = \frac{29 \text{ (Kg)} - 22,71 \text{ (Kg)}}{29 \text{ (Kg)}} * 100 = 21,69 \%$$

En lo referente a los estribos, como paso preliminar se determinará el total de unidades requeridas para reforzar una columna, para ello se tomarán de base las longitudes de refuerzo en los extremos y la de en medio de la columna con sus respectivas separaciones entre estribos:

Longitud extremo superior:	100 (cm)	Separación entre estribos:	9 (cm)	Número de estribos:	$\frac{100}{9} =$	12*
Longitud media:	180 (cm)	Separación entre estribos:	18 (cm)	Número de estribos:	$\frac{180}{18} =$	10
Longitud extremo inferior:	150 (cm)	Separación entre estribos:	9 (cm)	Número de estribos:	$\frac{150}{9} =$	17
					Total de estribos	39

*Aunque la parte fraccionaria del cociente de como resultado una cifra menor a 5, se aconseja redondear la parte entera a su cifra inmediata superior para optimizar de mejor forma la disposición de estribos.

Una vez que se han determinado el número de estribos necesarios para reforzar la columna, se procederá a hallar la longitud de una unidad de estribo, mismo que estará conformado por cuatro lados de 25 cm cada uno y el gancho de enlace con una longitud de 7,5 cm:

$$L_{TE} = (4 * 0,25) + 0,075 = L_{TE} = 1,075 \text{ (m) (1 unidad)} \rightarrow$$

$$L_{TCE} = 39 \text{ (U)} * 1,075 \text{ (m/U)} = 41,925 \text{ (m) (Longitud total de corte)}$$

$$P_{CE} = 0,395 \text{ (Kg/m)} * 41,925 \text{ (m)} = 16,56 \text{ (Kg)}$$

Para estimar el desperdicio se procede de forma idéntica al caso del acero en plintos:

$$\frac{12 \text{ (m)}}{1,075 \text{ (m)}} = 11,163 \text{ estribos (11 completas y 0,163 sobrantes)} \rightarrow$$

$$L_{DE} = 0,163(U) * 1,075(m/U) = 0,175 \text{ (m) (desperdicio)} \rightarrow$$

$$\% \text{ desperdicio} = \frac{0,175 \text{ (m)}}{11,825 \text{ (m)}} * 100 = 1,48\%$$

$$\rightarrow L_{OE} = 39 * 1,075(m) * 1,0148 = 42,55 \text{ (m) (Longitud optimizada de corte)} \rightarrow$$

$$P_{OE} = 0,395(Kg/m) * 42,55(m) = 16,81 \text{ (Kg) (Peso optimizado de corte)}$$

$$\% \text{ Optimización} = \frac{16,81 - 15,56 \text{ (Kg)}}{16,81 \text{ (Kg)}} * 100 = 1,49\%$$

En lo concerniente al alambre que se utilizará en el proceso de amarre de los estribos, se procede de forma análoga al caso del amarre en los plintos de la siguiente forma:

de amarres esquineros: 4; # de amarres interiores: 0

Longitud de amarre asumida: 30 cm \rightarrow

Total de amarres = # Total de estribos * (# amarres esquineros + # amarres interiores) \rightarrow

$$\# \text{ Total de amarres} = 39 * 4 = 156 \rightarrow$$

$$L_{TA} = 30(\text{cm/Amarre}) * 156 \text{ (Amarres)} * (1\text{m}/100\text{cm}) = 46,8 \text{ (m)} \rightarrow$$

$$P_{TA} = 0,0095(Kg/m) * 46,8(m) = 0,445 \text{ (Kg)} = 444,6 \text{ (gr)}$$

$$\# \text{ pedazos} = \frac{\text{Peso de un rollo de alambre}}{P_{TA}} = \frac{20 \text{ (Kg)}}{0,445 \text{ (Kg/U)}} = 44,944 \text{ unidades}$$

\rightarrow

$$0,944 \text{ (U)} * \frac{0,445 \text{ (Kg)}}{1 \text{ (U)}} = 0,42008 \text{ (Kg)} = 420,08 \text{ (gr)} \text{ (Desperdicio)} \rightarrow$$

$$44 \text{ (U)} * 0,445 \text{ (Kg/U)} = 19,58 \text{ (Kg)} \rightarrow$$

$$\% \text{ Desperdicio} = \frac{0,445 \text{ (Kg)}}{19,58 \text{ (Kg)}} * 100 = 2,27 \%$$

$$P_{OA} = 0,445 \text{ (Kg/U)} * 1,0227 = 0,455 \text{ (Kg)} = 455 \text{ (gr)}$$

$$\% \text{ Optimización} = \frac{455 - 444,6 \text{ (gr)}}{455 \text{ (gr)}} * 100 = 2,29\%$$

b3) Comprobación en hoja electrónica

Para la determinación de las cantidades de acero en plintos, el modelo de hoja electrónica es el siguiente:

Figura 22.

Datos de ingreso para plintos

PESO UNITARIO DE LA VARILLA	:	0,888	(Kg/m)
LONGITUD DEL REFUERZO TRANSVERSAL	:	150	(cm)
LONGITUD DE DESARROLLO	:	30	(cm)
NÚMERO DE VARILLAS (1 SENTIDO)	:	9	(U)

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos se los presenta en el esquema de la figura 23:

Figura 23.

Resultados obtenidos para el acero en plintos

LONGITUD DE CORTE DE 1 VARILLA	:	2,1	(m)
LONGITUD TOTAL DE CORTE	:	37,8	(m)
PESO TOTAL DE VARILLAS	:	33,57	(Kg)
DESPERDICIO	:	1,50	(m)
PORCENTAJE DE DESPERDICIO	:	14,29	(%)
LONGITUD OPTIMIZADA DE CORTE	:	43,20	(m)
PESO TOTAL OPTIMIZADO DE VARILLAS	:	38,36	(Kg)
PORCENTAJE DE OPTIMIZACIÓN	:	12,50	(%)

Nota: Elaboración propia

Como se puede apreciar, los resultados obtenidos de forma automática son similares a los obtenidos manualmente, puede haber unas cifras decimales que difieren de los resultados originales, pero no es muy significativa la diferencia.

En lo referente al alambre de amarres, los resultados son los siguientes:

Figura 24.

Resultados obtenidos para el alambre de amarre en plintos

CALIBRE DEL ALAMBRE	:	18	
PESO DEL ROLLO DE ALAMBRE	:	20	(Kg)
LONGITUD DE AMARRE	:	20	(cm)
PESO UNITARIO DEL ALAMBRE	:	0,0095	(Kg/m)
NUMERO DE AMARRES	:	81	(U)
LONGITUD TOTAL DE ALAMBRE	:	16,2	(m)
PESO TOTAL DE ALAMBRE	:	153,9	(gr)
DESPERDICIO	:	146,90	(gr)
PORCENTAJE DE DESPERDICIO	:	0,74	(%)
PESO OPTIMIZADO DE ALAMBRE	:	155,04	(gr)
PORCENTAJE DE OPTIMIZACIÓN	:	0,73	(%)

Nota: Elaboración propia

Se puede observar que los resultados obtenidos son prácticamente similares a los obtenidos de forma manual, existen unas pequeñas diferencias en los decimales que sin embargo no afectan a los resultados de forma significativa.

En lo referente a la determinación de acero longitudinal para columnas, el ingreso de datos se muestra en la figura 25:

Figura 25.

Datos de ingreso para columnas

LONGITUD LIBRE	:	4,1	(m)
LONGITUD DE DESARROLLO	:	0,6	(m)
PESO UNITARIO DE LA VARILLA	:	1,208	(Kg/m)
# DE VARILLAS REQUERIDAS	:	4	

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Figura 26.

Resultados obtenidos para el acero longitudinal en columnas

LONGITUD DE CORTE DE UNA VARILLA	:	4,7	(m)
LONGITUD TOTAL DE CORTE	:	18,8	(m)
PESO TOTAL DE VARILLAS	:	22,71	(Kg)
DESPERDICIO	:	2,60	(m)
PORCENTAJE DE DESPERDICIO	:	27,66	(%)
LONGITUD OPTIMIZADA DE CORTE	:	24,00	(m)
PESO TOTAL OPTIMIZADO DE VARILLAS	:	28,99	(Kg)
PORCENTAJE DE OPTIMIZACIÓN	:	21,67	(%)

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos nuevamente coinciden con los determinados en forma manual, con una mínima variación en los decimales que no afectan de forma significativa su consistencia.

Para la determinación de los estribos de refuerzo transversal, la base de ingreso de datos es la siguiente:

Figura 27.

Datos de ingreso para estribos de la columna

PESO UNITARIO DE LA VARILLA	:	0,395	(Kg/m)
LARGO DEL ESTRIBO	:	25	(cm)
ANCHO DEL ESTRIBO	:	25	(cm)
LONGITUD GANCHO DE ENLACE	:	7,5	(cm)
SEPARACIÓN DE ESTRIBOS SUPERIOR	:	9	(cm)
SEPARACIÓN DE ESTRIBOS MEDIA	:	18	(cm)
SEPARACION DE ESTRIBOS INFERIOR	:	9	(cm)
LONGITUD DE ESTRIBOS SUPERIOR	:	100	(cm)
LONGITUD DE ESTRIBOS MEDIA	:	180	(cm)
LONGITUD DE ESTRIBOS INFERIOR	:	150	(cm)
NÚMERO DE ESTRIBOS LONGITUDINALES	:	0	(U)
DIMENSIÓN DE ESTRIBO LONGITUDINAL	:	0	(cm)
NÚMERO DE ESTRIBOS TRANSVERSALES	:	0	(U)
DIMENSIÓN DE ESTRIBO TRANSVERSAL	:	0	(cm)

Nota: Elaboración propia

Los resultados se los expone a continuación:

Figura 28.

Resultados obtenidos para el acero transversal de la columna

TOTAL DE ESTRIBOS REQUERIDOS	:	39	(U)
LONGITUD TOTAL DE UN ESTRIBO PERIMETRAL:	:	1,075	(m)
LONGITUD TOTAL DE ESTRIBOS LONGITUDINALES	:	0	(m)
LONGITUD TOTAL DE ESTRIBOS TRANSVERSALES	:	0	(m)
LONGITUD TOTAL DE CORTE	:	41,925	(m)
PESO TOTAL DE ESTRIBOS	:	16,56	(Kg)
DESPERDICIO	:	0,18	(m)
PORCENTAJE DE DESPERDICIO	:	1,48	(%)
LONGITUD OPTIMIZADA DE CORTE	:	42,55	(m)
PESO TOTAL OPTIMIZADO DE ESTRIBOS	:	16,81	(Kg)
PORCENTAJE DE OPTIMIZACIÓN	:	1,46	(%)

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son similares a los determinados de forma manual, al igual que en los casos anteriores, hay unas pequeñas variaciones en los decimales que no alteran los resultados de forma significativa.

Los resultados de los alambres de amarre se los presenta a continuación:

Figura 29.

Resultados obtenidos para el alambre de amarre en columnas

PESO DEL ALAMBRE	:	20	(gr)
PESO UNITARIO DEL ALAMBRE	:	0,0095	(Kg/m)
NÚMERO DE AMARRES ESQUINEROS	:	4	(U)
NÚMERO DE AMARRES INTERIORES	:	0	(U)
LONGITUD DE AMARRE	:	30	(cm)
NÚMERO TOTAL DE AMARRES	:	156	(U)
LONGITUD TOTAL DE ALAMBRE	:	46,8	(m)
PESO TOTAL DE ALAMBRE	:	0,445	(Kg)
DESPERDICIO	:	0,438	(Kg)
PORCENTAJE DE DESPERDICIO	:	2,24	(%)
PESO OPTIMIZADO DE ALAMBRE	:	0,455	(Kg)
PORCENTAJE DE OPTIMIZACIÓN	:	2,19	(%)

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos vienen siendo prácticamente similares a los determinados de forma manual, sin embargo, se observa que el desperdicio de alambre obtenido de forma automática difiere en casi dos centésimas, mientras que el porcentaje de optimización obtenido manualmente difiere con una décima al calculado de forma automática. Estas variaciones suelen ocurrir debido a la configuración de la aplicación Excel en la disposición de los dígitos a pesar de que las fórmulas han sido correctamente programadas, si bien su diferencia es ligeramente apreciable, esta no afectará de forma significativa la consistencia de los resultados.

IV. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

La herramienta automatizada en Excel propuesta tanto para la dosificación de hormigón como para la disposición de la cantidad de aceros en plintos y columnas es funcional y de manejo relativamente sencillo, constituyendo un recurso de muy útil aplicación en obra y en gabinete que facilitan de modo significativo los procesos de cuantificación de material sin tener que recurrir a fórmulas ni procedimientos manuales largos y repetitivos, sin embargo, no es aconsejable centrarse solamente en los conceptos teóricos, debido a que por la calidad de los agregados característicos del medio local no se llega en determinados casos, como el del presente trabajo, a las resistencias esperadas, por lo que se vuelve necesario hacer reajustes en las cantidades de agua y cemento para de esta forma poder llegar a obtener la resistencia de diseño, los reajustes deberán ser cuidadosos y equilibrados para no alterar el comportamiento mecánico y físico químico del hormigón resultante.

En la hoja de cálculo de la dosificación de hormigón se encuentran la totalidad de las especificaciones de la normativa ACI en forma de tablas habiendo sido la hoja programada en base a ellas y los criterios de diseño, por lo que no se requiere efectuar consultas complementarias para el referido proceso, sin embargo, en lo referente a los módulos de finura, se observa que la correspondiente tabla tiene valores diferentes a los reportados en los análisis de laboratorio, por lo que al lado de dicha tabla consta una pequeña base de ingreso de datos conocidos para que puedan ser interpolados y así determinar el valor del volumen de grava por volumen unitario de hormigón para el módulo de finura correspondiente, siendo ese valor determinante en el proceso de cálculo de las cantidades de material necesarias para la dosificación de concreto en función de una determinada resistencia.

En lo referente a la hoja de determinación de las cantidades de acero tanto para plintos como para columnas, se observa que los resultados son calculados de manera inmediata y precisa sin necesidad de efectuar operaciones manuales rutinarias y repetitivas, bastando solamente con ingresar de forma correcta los datos indicados en las celdas asignadas. Como se comentó en b3, los resultados difieren en los decimales de una forma leve siendo los porcentajes de error muy tolerables, por lo que constituye una herramienta de alta confianza y de mucha utilidad ya sea en la obra o en la oficina.

Para ambas hojas de cálculo, las cantidades de materiales determinadas guardan una precisión exacta y fiable que vuelven confiable su empleo tanto en obra como en los trabajos de gabinete. La simpleza en su uso hace que puedan ser entendidas y utilizadas por el personal de albañilería de forma casi inmediata, además que pueden ser un instrumento muy útil para residentes de obra y personal de fiscalización facilitando de forma considerable su trabajo, así como la eficiencia en el proceso de construcción.

4.2.Recomendaciones

Para que las hojas electrónicas resulten útiles y eficaces, es aconsejable ingresar y manejar los datos de forma cuidadosa y prolija, poniendo especial cuidado en las magnitudes y sus unidades. En la hoja de dosificación de la mezcla de hormigón se debe poner atención al momento de digitar los respectivos datos , en especial el del módulo de finura de la arena debido a que como se explicó en la segunda conclusión en la respectiva tabla no constan la totalidad de los valores debiendo en muchos casos ser interpolados debiéndose poner la debida atención en el ingreso de las respectivas cantidades para que la hoja pueda efectuar correctamente la interpolación y , en consecuencia, determinar los resultados de forma correcta.


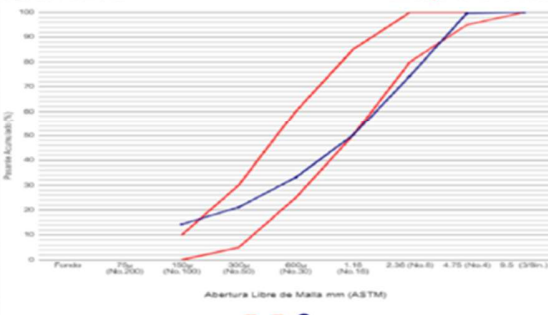

Para evitar confusiones en los sucesivos usos de las hojas, es aconsejable dejar en blanco las celdas correspondientes a los datos ingresados debiendo poner atención en los datos a ser borrados, aunque también es recomendable tener un archivo complementario en el cual cambiarle los datos de acuerdo al trabajo a realizarse, mientras el original puede quedar como respaldo en caso de que el alternativo se vea afectado o se requiera efectuar comprobaciones.

Es aconsejable el que los profesionales beneficiarios de las herramientas presentadas se mantengan actualizados de forma permanente en lo concerniente a las normativas técnicas de diseño y construcción para de esta forma efectuar modificaciones a las hojas electrónicas en caso de llegar a deducir que determinadas modificaciones puedan traer cambios al formato de las mismas. De igual forma, si es que se puede mejorar el formato de la estructura de los programas, se los podrá modificar, de este modo se optimizará su funcionalidad y eficiencia permitiendo rendimientos favorables en la construcción y resultados confiables en los procesos de fiscalización de obras.

V. Bibliografía

- American Concrete Institute (ACI). (15 de enero de 2015). Obtenido de Requisitos de Reglamento para concreto estructural (ACI 318 S - 14): file:///E:/BIBLIOTECA%20TECNICA/aci_318s_14_en_espanol.pdf
- ASTM. (2015). Normas para diseño de concreto C33.
- Borja Recalde, P. A. (2021). Dosificación de hormigón por el método ACI. Quito.
- CAMICON. (diciembre de 2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Obtenido de Cargas (No sísmicas): file:///E:/NORMAS%20NEC/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf
- CAMICON. (8 de diciembre de 2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Obtenido de Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 m: file:///E:/NORMAS%20NEC/12.-NEC-SE-VIVIENDA-parte-1.pdf
- CAMICON. (10 de diciembre de 2014). Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 m. Obtenido de Código NEC - SE - VIVIENDA.
- Carvajal, M., & Ortiz, D. (2022). Análisis del desperdicio de materiales en la construcción de viviendas de interés social en el Ecuador. *Revista de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, 123 - 135 .
- Castro, J., & Torres, M. (2018). Analisis del desperdicio de materiales en la construcción de viviendas de interés social en el Ecuador. *Revista científica de Ingeniería y Arquitectura*, 45 - 60.
- Civil Hacks . (19 de mayo de 2017). Obtenido de Cortante basal y carga de viento en tanques elevados : <https://civilhacks.blogspot.com/2017/05/cortante-basal-parte-24-ejemplos.html>
- Gaona, S., & Matabay, R. (2017). Impacto de las Compras Públicas en las Asociaciones de Producción Textil de la Economía Popular y Solidaria en la Ciudad de Quito, en el Periodo 2014-2016. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/10828/1/T-UCE-0005-100-2017.pdf>
- González, A., & Martínez, L. (2019). Optimización de la dosificación de concreto para viviendas de interés social en la región sierra del Ecuador. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ley de Economía Popular y Solidaria. (2012). Obtenido de <https://www.seps.gob.ec/wp-content/uploads/Reglamento-General-de-la-Ley-Organica-de-Economia-Popular-y-Solidaria.pdf>
- Valdivieso, A., Siluk, C., & Michelin, C. (2022). Análisis Prospectivo Estratégico del Sector Textil Productivo Ecuatoriano para Incrementar la Competitividad en las Exportaciones. *SIGMA*, 13. doi:<https://doi.org/10.24133/sigma.v9i02.2827>

VI. Anexos

		Holcim Ecuador S.A. Telf.: (593) 1700-HOLCIM Km 2 1/2 vía E20 (Pifo - Papallacta) Quito - Ecuador																																																	
CERTIFICADO DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO																																																			
Planta Evaluada:		Fecha de Emisión:																																																	
AGG PIFO		2024-09-01																																																	
Producto:	Arena no lavada	Procedencia:	Pifo, Quito, Ecuador																																																
Modulo de Elasticidad INEN 1 573 - ASTM C39:	27,40	GPa																																																	
		Tipo de roca:	Andesita																																																
		Resistencia a compresión INEN 1 573 - ASTM C39:	267,80 MPa																																																
Agregado fino																																																			
I. Ensayo Determinación de Densidad y Absorción del Árido Fino NTE INEN 856 - ASTM C128																																																			
Densidad en estado SSD	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	2790	2349	2553																																																
	Kgm3	Kgm3	Kgm3																																																
Absorción	9,0	1,5	4,8																																																
	%	%	%																																																
II. Ensayo de Determinación de la Masa Unitaria NTE INEN 858 - ASTM C29																																																			
Masa suelta	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	1642	1145	1518																																																
	Kgm3	Kgm3	Kgm3																																																
Masa compactada	1902	1416	1746																																																
	Kgm3	Kgm3	Kgm3																																																
III. Ensayo de Determinación de Material más fino que pasa el Tamiz con aberturas de 75µm (No. 200) NTE INEN 637 - ASTM C117																																																			
Pasante 200	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	17,9	6,5	10,7																																																
	%	%	%																																																
Valor Max 7% por Norma NTE INEN 872																																																			
IV. Ensayo de Determinación Impurezas Orgánicas en el Árido Fino NTE INEN 855 - ASTM C40																																																			
Color	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	2	0	0																																																
	%	%	%																																																
Valor Max 3 por Norma NTE INEN 855																																																			
V. Ensayo de Partículas Livianas en los Agregados NTE INEN 639 - ASTM C123																																																			
Partículas Livianas	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	0,6	0,0	0,1																																																
	%	%	%																																																
Valor Max 1% por Norma INEN 872																																																			
VI. Ensayo de Determinación de la Durabilidad de los Áridos a la acción de los sulfatos NTE INEN 863 - ASTM C88																																																			
Desgaste	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	7,0	0,0	6,4																																																
	%	%	%																																																
Valor Max 15% (sulfato de magnesio); 10% (sulfato de sodio) por Norma INEN 872																																																			
VII. Ensayo de Equivalente de Arena AASHTO T 176																																																			
Equivalente de Arena	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	87	72,5	78,6																																																
	%	%	%																																																
VIII. Ensayo de Determinación del Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Desmenuzables NTE INEN 638 - ASTM C142																																																			
Arcilla	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	1,5	0,04	0,4																																																
	%	%	%																																																
Valor Max 3% por Norma INEN 872																																																			
IX. Ensayo de Determinación de Valor de Azul de Metileno para Agregado Fino ASTM C1777																																																			
Valor Azul de Metileno	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	4,5	0,4	2,3																																																
	mg/g	mg/g	mg/g																																																
Valor Max 5mg/g por Norma ASTM C33																																																			
X. Ensayo de Determinación de la Potencial Reactividad Alcali - Sílice de los Áridos ASTM C1567																																																			
Deformación Promedio a 16 días	Limite máximo registrado	Limite mínimo registrado	Promedio																																																
	0,24	0,04	0,08																																																
	%	%	%																																																
Valor Max 0,10% por Norma ASTM C33																																																			
XI. Ensayo de Índice de Plasticidad INEN 631 - INEN 632																																																			
Índice de Plasticidad	Valor Registrado																																																		
	NP																																																		
XII. Representación granulométrica NTE INEN 636 - ASTM C136																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Retenido Parcial (%)</th> <th>Retenido Acumulado (%)</th> <th>Pasante Acumulado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INEN</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ASTM</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9,50 mm</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>4,75 mm</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>2,36 mm</td> <td>25,0</td> <td>25,0</td> <td>74,0</td> </tr> <tr> <td>1,18 mm</td> <td>24,0</td> <td>50,0</td> <td>50,0</td> </tr> <tr> <td>600 µm</td> <td>17,0</td> <td>67,0</td> <td>33,0</td> </tr> <tr> <td>300 µm</td> <td>12,0</td> <td>79,0</td> <td>21,0</td> </tr> <tr> <td>150 µm</td> <td>7,0</td> <td>86,0</td> <td>14,0</td> </tr> <tr> <td>Bandeja</td> <td>14,0</td> <td>100,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Modulo de Finura :</td> <td colspan="3">3,07</td> </tr> </tbody> </table>		Tamiz	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)	INEN				ASTM				9,50 mm	0,0	0,0	100,0	4,75 mm	0,0	0,0	100,0	2,36 mm	25,0	25,0	74,0	1,18 mm	24,0	50,0	50,0	600 µm	17,0	67,0	33,0	300 µm	12,0	79,0	21,0	150 µm	7,0	86,0	14,0	Bandeja	14,0	100,0	0,0	Modulo de Finura :	3,07				
Tamiz	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)																																																
INEN																																																			
ASTM																																																			
9,50 mm	0,0	0,0	100,0																																																
4,75 mm	0,0	0,0	100,0																																																
2,36 mm	25,0	25,0	74,0																																																
1,18 mm	24,0	50,0	50,0																																																
600 µm	17,0	67,0	33,0																																																
300 µm	12,0	79,0	21,0																																																
150 µm	7,0	86,0	14,0																																																
Bandeja	14,0	100,0	0,0																																																
Modulo de Finura :	3,07																																																		
Límites por Norma ASTM C33																																																			
Observaciones: "Las muestras para obtener dichos resultados fueron realizadas en cumplimiento a la INEN 695"																																																			
 Técnico de Laboratorio - ACI AGGREGATE TESTING TECHNICIAN - LEVEL 1 Holcim Ecuador S.A. 0994569645 - mauricio.guillen@holcim.com Holcim Ecuador se encuentra certificado en las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007																																																			

CERTIFICADO DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Planta Evaluada :

PIFO

Fecha de Emisión:

2025-03-02

Producto : Piedra N.- 57 Procedencia: Pifo, Quito, Ecuador Tipo de roca: Andesita
 Modulo de Elasticidad INEN 1 573 - ASTM C39: 27.40 GPa Resistencia a compresión INEN 1 573 - ASTM C39: 267.80 MPa
 Agregado triturado que cumple la norma NTE INEN 872 - ASTM C33, con un tamaño máximo nominal TMN : 12.5 mm

I. Ensayo Determinación de Densidad y Absorción del Árido Grueso NTE INEN 857 - ASTM C127

	Limite máximo registrado		Limite mínimo registrado		Promedio	
Densidad en estado SSS	3025	Kg/m3	2259	Kg/m3	2603	Kg/m3
Absorción	8,2	%	1,6	%	2,7	%

II. Ensayo de Determinación de la Masa Unitaria NTE INEN 858 - ASTM C29

	Limite máximo registrado		Limite mínimo registrado		Promedio	
Masa suelta	1385	Kg/m3	1142	Kg/m3	1293	Kg/m3
Masa compactada	1544	Kg/m3	1338	Kg/m3	1464	Kg/m3

III. Ensayo de Determinación de Material más fino que pasa el Tamiz con aberturas de 75um (No. 200) NTE INEN 697 - ASTM C117

Valor Max 1% por Norma NTE INEN 872

	Limite máximo registrado		Limite mínimo registrado		Promedio	
Pasante 200	3,6	%	0,1	%	0,8	%

IV. Ensayo de Abrasión INEN 860 - ASTM C131

Valor Max 50% por Norma INEN 872

	Limite máximo registrado		Limite mínimo registrado		Promedio	
Abrasión	27	%	21	%	24	%

V. Ensayo de Partículas Livianas en los Agregados NTE INEN 699 - ASTM C123

Valor Max 1% por Norma INEN 872

	Limite máximo registrado		Limite mínimo registrado		Promedio	
Partículas Livianas	0,3	%	0,0	%	0,01	%

VI. Ensayo de Determinación de la Durabilidad de los Áridos a la acción de los Sulfatos NTE INEN 863 - ASTM C88

Valor Max 18% (sulfato de magnesio); 12% (sulfato de Sodio) por Norma INEN 872

	Limite máximo registrado		Limite mínimo registrado		Promedio	
Desgaste	16,0	%	0,0	%	3,9	%

VII. Ensayo de Determinación del Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Desmenuzables NTE INEN 698 - ASTM C142

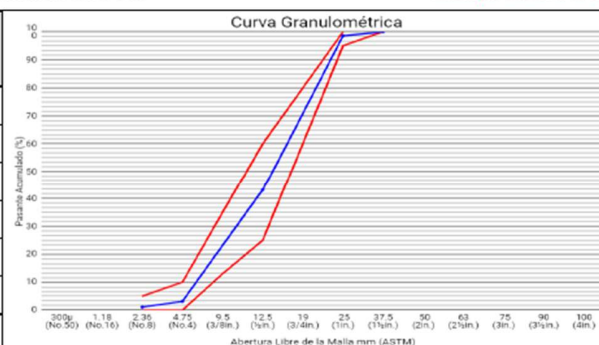
Valor Max 10% por Norma INEN 872

	Limite máximo registrado		Limite mínimo registrado		Promedio	
Arcilla	0,22	%	0,02	%	0,06	%

VIII. Representación granulométrica NTE INEN 696 - ASTM C136

Límites por Norma ASTM C33

Tamiz		Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
INEN	ASTM			
37.5 mm	1½ in.	0.0	0.0	100.0
25 mm	1 in.	1.4	1.0	99.0
12.5 mm	½ in.	55.0	57.0	43.0
4,75 mm	No. 4	40.0	97.0	3.0
2,36 mm	No. 8	2.0	99.0	1.0
Bandeja		1.0	100.0	0.0
Módulo de Finura :		6,79		



Observaciones:

"Las muestras para obtener dichos resultados fueron realizadas en cumplimiento a la INEN 695"

Tigo. Mauricio Guillén
 Técnico de Laboratorio - ACI AGGREGATE TESTING TECHNICIAN - LEVEL 1
 Holcim Ecuador S.A.
 0904569645 - mauricio.guillen@holcim.com
 Holcim Ecuador se encuentra certificada en las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007

CERTIFICADO DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Planta Evaluada : PIFO	Fecha de Emisión: 2025-04-01
----------------------------------	--

Producto : Piedra N.- 67	Procedencia: Pifo, Quito, Ecuador	Tipo de roca: Andesita
Modulo de Elasticidad INEN 1 573 - ASTM C39: 27,40 GPa	Resistencia a compresión INEN 1 573 - ASTM C39: 267,80 MPa	

Agregado triturado que cumple la norma NTE INEN 872 - ASTM C33, con un tamaño máximo nominal TMN : 12,5 mm

I. Ensayo Determinación de Densidad y Absorción del Árido Grueso NTE INEN 857 - ASTM C127

Densidad en estado SSS	Limite máximo registrado 2776 Kg/m3	Limite mínimo registrado 2421 Kg/m3	Promedio 2802 Kg/m3
Absorción	7,3 %	1,7 %	3,0 %

II. Ensayo de Determinación de la Masa Unitaria NTE INEN 858 - ASTM C29

Masa suelta	Limite máximo registrado 1373 Kg/m3	Limite mínimo registrado 1212 Kg/m3	Promedio 1298 Kg/m3
Masa compactada	1547 Kg/m3	1344 Kg/m3	1472 Kg/m3

III. Ensayo de Determinación de Material más fino que pasa el Tamiz con aberturas de 75um (No. 200) NTE INEN 697 - ASTM C117

Valor Max 1% por Norma NTE INEN 872

Pasante 200	Limite máximo registrado 2,7 %	Limite mínimo registrado 0,2 %	Promedio 0,9 %
-------------	--	--	--------------------------

IV. Ensayo de Abrasión INEN 860 - ASTM C131

Valor Max 50% por Norma INEN 872

Abrasión	Limite máximo registrado 27 %	Limite mínimo registrado 20 %	Promedio 24 %
----------	---	---	-------------------------

V. Ensayo de Partículas Livianas en los Agregados NTE INEN 699 - ASTM C123

Valor Max 1% por Norma INEN 872

Partículas Livianas	Limite máximo registrado 0,3 %	Limite mínimo registrado 0,0 %	Promedio 0,01 %
---------------------	--	--	---------------------------

VI. Ensayo de Determinación de la Durabilidad de los Áridos a la acción de los Sulfatos NTE INEN 863 - ASTM C88

Valor Max 18% (sulfato de magnesio); 12% (sulfato de Sodio) por Norma INEN 872

Desgaste	Limite máximo registrado 18,0 %	Limite mínimo registrado 0,0 %	Promedio 3,9 %
----------	---	--	--------------------------

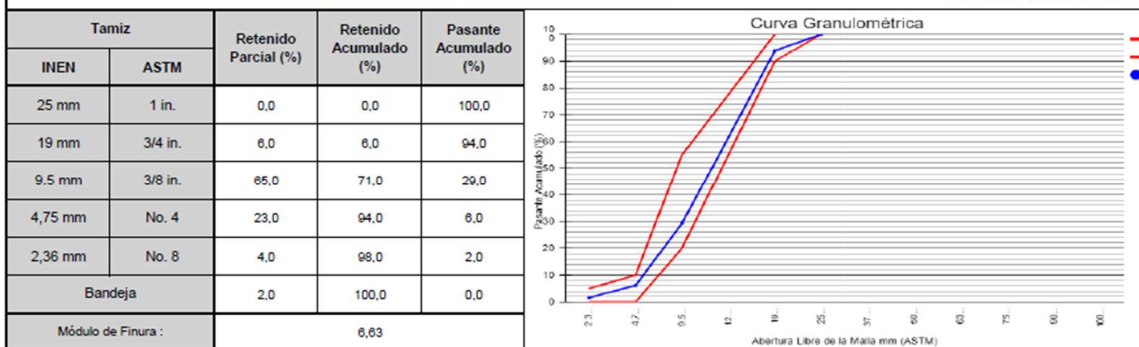
VII. Ensayo de Determinación del Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Desmenuzables NTE INEN 698 - ASTM C142

Valor Max 10% por Norma INEN 872

Arcilla	Limite máximo registrado 0,28 %	Limite mínimo registrado 0,03 %	Promedio 0,08 %
---------	---	---	---------------------------

VIII. Representación granulométrica NTE INEN 696 - ASTM C136

Límites por Norma ASTM C33



Observaciones:

"Las muestras para obtener dichos resultados fueron realizadas en cumplimiento a la INEN 695"

Tigo. Mauricio Guillén
 Técnico de Laboratorio - ACI AGGREGATE TESTING TECHNICIAN - LEVEL 1
 Holcim Ecuador S.A.

0994560645 - mauricio.guillen@holcim.com
 Holcim Ecuador se encuentra certificada en las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

PROYECTO: Diseño de una Herramienta Automatizada para el Cálculo de Dosificación de Concreto y Listado de Materiales en la Construcción de Zapatas de Losa Simple y Columnas Rectangulares de Hormigón Armado en Viviendas de un Piso (hasta 90 m²), dirigida a Ingenieros y Técnicos Residentes de Obra.

SOLICITADO POR: Víctor Galvez

LOCALIZACIÓN: PUCETEC

FISCALIZACIÓN: _____

MUESTRA: Tomada por el Laboratorio

CONTRATISTA: _____

NORMA DE REFERENCIA DE ENSAYO: ASTM C39/C39M

FECHA DE RECEPCIÓN: 2025-07-14

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: LMC-MPT-5.4-ARM-1

FECHA DE EMISIÓN: 2025-07-23

NORMA DE REFERENCIA REFRENTADO: ASTM C1231/C1231M - Refrentado no adherido

ORDEN DE TRABAJO: 5835 M

PROCEDIMIENTO DE REFRENTADO: LMC-MPT-5.4-ARM-1.2

HOJA: 1 de 1

Probeta N°:	1	2	3	4	5	6
Identificación de la probeta*	Muestras curadas a 60°C (Curado acelerado)					
Descripción*	Dosificación Relación agua/cemento: 0,68			Dosificación Relación agua/cemento: 0,56		
Resistencia de diseño esperada a los 28 días (MPa)*	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
Fecha de fabricación*	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16	2025-07-16
Fecha de ensayo*	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23	2025-07-23
Edad (días)	7	7	7	7	7	7
Hora de ensayo	15:00	15:03	15:06	15:09	15:12	15:15
Diámetro 1 (mm)	152,22	152,94	152,99	151,60	153,58	151,07
Diámetro 2 (mm)	152,51	153,58	153,71	151,64	154,42	152,21
Diámetro promedio (mm)	152,25	153,25	153,25	151,50	154,00	151,75
Relación entre diámetros (%)	0,19	0,42	0,47	0,03	0,55	0,75
Altura promedio (mm)	304	305	304	300	305	300
Relación H/D	2,00	1,99	1,98	1,98	1,98	1,98
Área (mm ²)	18206	18446	18446	18027	18627	18086
Volumen (m ³)	0,0055	0,0056	0,0056	0,0054	0,0057	0,0054
Masa (kg)	12,38	12,63	12,55	12,06	12,65	12,05
Peso unitario (kg/m ³)	2240	2240	2240	2230	2230	2220
Carga máxima (KN)	269,2	275,1	268,7	361,1	389,2	387,0
Factor de corrección	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistencia a la Compresión (MPa)	14,8	14,9	14,6	20,0	20,9	21,4
Incertidumbre expandida (U), K=2, (MPa)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Tipo de Falla						
	5	5	5	5	5	5

OBSERVACIONES:

* Datos proporcionados por el Cliente.

- Unidades de Conversión: 1 MPa = 10,2 Kg/cm²
- Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.
- El valor de la incertidumbre se reporta unicamente para probetas de 28 días, con un factor K=2 que corresponde a un 95,45% de confianza en una distribución normal.
- El diámetro promedio de la probeta se reporta al 0,25 mm más cercano, según norma de referencia.

Ing. María Inés Calvo, M.Sc.
RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc., Ph.D.
COORDINADOR

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

